

**ESTUDIO DIAGNÓSTICO Y OPORTUNIDADES DE MEJORAMIENTO PARA EL
SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA PRODUCTORA DE MUEBLES H&M**

**BUSTAMANTE SOLANO CESAR ANDRES
VERGARA DE LA ASUNCION ERICK**



**CORPORACION UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
BARRANQUILLA
2014**

**ESTUDIO DIAGNÓSTICO Y OPORTUNIDADES DE MEJORAMIENTO PARA EL
SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA PRODUCTORA DE MUEBLES H&M**

**BUSTAMANTE SOLANO CESAR ANDRES
VERGARA DE LA ASUNCION ERICK**

**Trabajo de grado para obtener el Título de
Ingeniero Eléctrico**

**ASESOR
MILLEN BALBIS MOREJON**



**CORPORACION UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRICA
BARRANQUILLA
2014**

Nota de aceptación:

Firma de presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Barranquilla, Agosto de 2014.



UNIVERSIDAD
DE LA COSTA
1970

Personería Jurídica N° 352 Abril 1971 * Barranquilla - Colombia

Barranquilla 20 de Agosto de 2014

Señores: Corporación Universidad de la Costa (CUC)

Atención: Departamento Admisiones y registros y Biblioteca.

Asunto: Recepción e tesis de grado

El día 08 de Agosto de 2014 los estudiantes **Erick Vergara De la Asunción** identificado con C.C. 1.123.625.809 de San Andres Islas y **Cesar Andres Bustamante Solano** identificado con C.C. 1.045.689.699 de Barranquilla hicieron entrega de los documentos y monografía de proyecto de grado junto con los anexos respectivos al programa de ingeniería eléctrica. A continuación se relaciona la información del proyecto de grado.

Título del proyecto: Estudio Diagnóstico y Oportunidades de Mejoramiento para el Sistema Eléctrico de la Empresa Productora de Muebles H&M.

Decisión del jurado evaluador: Aprobado & meritorio

Calificación: 4,5

Director: Ing. Milen Balbis Morejon Ms.C.

Jurados: Ing. Jorge Iván Silva Ortega Ms.C.

Ing. Laura Hinestroza Olascuaga Ms.C.

Por la pertinencia en el desarrollo de las PYMES de la región y el seguimiento cualitativo desarrollado durante el desarrollo del proyecto de grado se considera como **meritorio** este trabajo.

Atentamente,

Ing. Jorge Iván Silva Ortega Ms.C.
Líder de investigación grupo GIOPEN
Programa de ingeniería eléctrica
Docente Tiempo completo

AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien me brindó la oportunidad de llegar hasta esta instancia y me demostró su inmenso amor. A mi madre, quien me apoyo sin importar las circunstancias y fue mi inspiración en los momentos más difíciles. A mi tío, padre y hermanos, amigos y demás personas que me apoyaron y creyeron en mí en todo momento. Hoy conmigo presentan esta investigación muchas personas a quienes llevo en el corazón.

A Milen mi tutora, profesores y demás miembros de la universidad que con pasión y determinación forman profesionales íntegros y competentes.

A todos ellos, gracias, muchas gracias.

ERICK VERGARA

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no habría sido posible sin la influencia directa o indirecta principalmente de Dios pero también de muchas personas a las que agradezco profundamente por estar presentes en las distintas etapas de su elaboración, así como en el resto de mi vida.

Agradezco a mis padres que durante mi formación a su lado fueron un gran apoyo y en este momento desde el cielo siguen siendo un apoyo y me dan fortaleza para seguir adelante.

A toda familia y seres queridos ya que pese a los obstáculos que he encontrado en la vida siempre he tenido en ellos un apoyo incondicional por eso gran parte de este logro les corresponde a ellos.

Le agradezco a la ingeniera Milen Balbis, por manifestar su interés en dirigir este trabajo de grado, por su confianza, dedicación, colaboración y apoyo en todo el proceso de formación.

CESAR BUSTAMANTE

RESUMEN

En este proyecto se presentan oportunidades de mejora en la empresa productora de muebles H&M, basadas en mediciones, inspecciones y visitas a la organización, como iniciativa de garantizar un mejor desempeño del sistema eléctrico.

En el presente proyecto se encuentran documentados cambios de tecnología y estructura del sistema eléctrico como resultado de sugerencias que surgieron durante la realización de este. Se utiliza como referencia resoluciones, estándar IEEE, CREG, y normas como la NTC 2050. Se encuentra además imágenes de las instalaciones antes del mejoramiento, actualmente la organización sigue realizando una serie de cambios tecnológicos.

Se realiza un seguimiento cualitativo y descriptivo a la variable fundamental que afecta el consumo energético en el área de mayor capacidad instalada y cuyas cargas presenta variabilidad en el consumo.

Se dan recomendaciones basadas en cálculos, criterios de ingeniería y sugerencias para el seguimiento descriptivo o cualitativo de la variable de mayor incidencia en el consumo energético del área que mayor capacidad instalada posee. Con el fin de propiciar el continuo mejoramiento del sistema eléctrico de potencia de la empresa objeto del proyecto.

Palabras clave:

Cambio tecnológico, variables de consumo, seguimiento cualitativo.

ABSTRACT

In this project, furniture product company improvement options are present, based upon measures, inspections and technical visits to the facilities, as a initiative to guarantee a better performance of the company electrical system.

Here in this document are technological adjustment as a result of investigation. Besides that, standards of IEEE, CREG and NTC 2050. As a climax, it is possible to find facilities images before technological change. Actually, the company is in constant expansion and technological change.

The investigation makes a qualitative and descriptive following to the fundamental variable affecting energy consumption in the area of greatest installed capacity and whose burdens presents variability in consumption.

Recommendations based on calculus, engineering criteria are given suggestions for descriptive and qualitative following of the variable of greatest impact on energy consumption in area with largest installed capacity. In order to promote the continuous improvement of the power system of the company under the project.

Keywords:

Technological change, variables consumption, self-diagnostic.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	17
INTRODUCCION	18
2. OBJETIVOS	22
2.1 OBJETIVO GENERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	22
3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	23
4. JUSTIFICACION	24
5. ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO	26
5.1 ANTECEDENTES	26
5.1.1. Análisis de la normatividad existente relacionadas con el buen uso de la energía y la eficiencia energética.	28
5.1.2. Normas oficiales para la determinación de la eficiencia de motores eléctricos	28
5.1.3. Métodos y herramientas para la determinación de la eficiencia de motores eléctricos en condiciones de campo.	28
5.2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	29
5.2.3 Factores que afectan la distribución en planta.	30
5.2.3.1 Delimitación del factor materia prima en la investigación.	31
5.2.3.2 Delimitación del factor maquinaria en la investigación.	33
5.2.3.3 Delimitación del factor hombre en la investigación.	34
5.2.3.4 Delimitación del factor espera en la investigación.	35
5.2.4 Variables eléctricas.	36

5.2.5 Variables mecánicas.	38
5.4 CONCLUSIONES DEL CAPITULO	38
6. ESTUDIO DIAGNOSTICO	40
6.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	40
6.1.1 Antecedentes de la empresa	40
6.2. ORGANIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO E INVENTARIO DE EQUIPOS	41
6.3. IDENTIFICACIÓN DE POTENCIA INSTALADA POR ÁREAS	45
6.4 METODOLOGIA	47
6.4.1 Herramientas para el desarrollo del proyecto.	49
6.5 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO PARA LA EMPRESA	53
6.5.1 Metodología de mediciones y selección de variables	53
6.5.2 MEDICIONES GLOBALES DEL SISTEMA ELÉCTRICO	53
6.5.2.1 Análisis de Resultados	54
6.6 ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO EN EL ÁREA SELECCIONADA	65
6.6.1. Variables presentes en el estudio diagnóstico.	65
6.6.2. Mediciones a motores	65
6.7 CONCLUSIONES DEL CAPITULO	71
7. OPCIONES DE MEJORAMIENTO Y SEGUIMIENTO	73
7.1 OPCIONES DE MEJORAMIENTO	73
7.1.1 Cambio del sistema de transformación.	73
7.1.2 Reemplazo de los compresores por un sistema de aire comprimido central.	76
7.1.3 Corrección de factor de potencia.	80
7.1.3.1 Justificación de la instalación del banco de condensadores.	82

7.1.4 Desbalance de corrientes por fase	86
7.2 SEGUIMIENTO A LA VARIABLE CORRIENTE	87
7.2.1 Seguimiento cualitativo a la variable independiente corriente y a su variable dependiente potencia.	87
7.2.2 Practicas recomendadas para el seguimiento y control cualitativo de las variables.	88
7.2.3 Plan de mantenimiento preventivo a motores y transformador principal	89
7.2.3.1 Actividades de mantenimiento preventivo recomendadas.	89
7.3 CONCLUSIONES DEL CAPITULO.	90
8. CONCLUSIONES	92
BIBLIOGRAFÍA	95

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Inventario de equipos del área de corte.	42
Tabla 2. Inventario de equipos del área de armado 1.	43
Tabla 3. Inventario de equipos del área de armado 2.	43
Tabla 4. Inventario de equipos del área de pintura.	44
Tabla 5. Inventario de equipos del área de oficinas.	45
Tabla 6. Valores límite de distorsión armónica.	64
Tabla 7. Variables presentes del estudio diagnóstico.	65
Tabla 8. Reducción de costos por corrección de sistemas de aire comprimido.	77
Tabla 9. Cálculo de costos de implementación de banco de condensadores.	82
Tabla 10. Cuadro de carga general de la empresa.	86
Tabla 11. Cronograma de mantenimiento preventivo.	105
Tabla 12. (Continuación) Cronograma de mantenimiento preventivo.	106
Tabla 13. Formato para orden de trabajo de mantenimiento.	107

LISTA DE GRAFICAS.

Grafica 2. Diagrama de Pareto del área de corte de la empresa productora de muebles H&M.	46
Gráfico 3. Tensiones Rms promedio.	55
Gráfico 4. Desequilibrio de tensión.	56
Gráfico 5. (A.1.3) Frecuencia.	57
Gráfico 6. Corrientes rms promedio.	57
Gráfico 7. Desequilibrio de Corrientes.	58
Gráfica 8. Potencia Activa promedio total.	59
Gráfico 9. Potencia Reactiva promedio total.	60
Gráfico 10. Potencia Aparente promedio total.	60
Gráfico 11. Factor de Potencia Total.	61
Gráfico 12. Distorsión Armónica Individual de Tensión %Vn (de la fase con mayor %THDv).	62
Gráfico 13. Distorsión de demanda total de Corriente, %TDDi.	63
Grafico 14. Medicion 1 potencia consumida por metro lineal de corte	66
Grafico 15. Demanda de potencia pico.	67
Grafico 16. Niveles de tensión durante la muestra 1.	68
Grafico 17. Niveles de corriente durante la muestra.	69
Grafico 18. Demanda de potencia pico.	70
Grafico 19. Niveles de tensión durante la muestra 2.	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Bancada trifásica anteriormente instalada.	74
Figura 2. Transformador trifásico de 250 KVA actual.	75
Figura 3. Mediciones de tensión entre fases después del cambio tecnológico.	75
Figura 4. Mediciones de tensión entre fases después del cambio tecnológico.	76
Figura 5. Compresor reciprocante de 20 Hp.	77
Figura 6. Compresor de tornillo de 30 Hp.	78
Figura 7. Placa de características del compresor Ingersoll Rand de 60 Hp.	79
Figura 8. Compresor 60 Hp instalado.	79
Figura 9. Triangulo de potencia.	81
Figura 10. Simulación de corrección de factor de potencia con ETAP.	84
Figura 11. Simulación de corrección de factor de potencia con ETAP.	85
Figura 12. Sierra Radial de banco.	97
Figura 13. Canteadora.	97
Figura 14. Sierra sin fin.	97
Figura 15. Trompo.	98
Figura 16. Taladro industrial de banco.	99
Figura 17. Sierra automatizada.	99
Figura 18. Extractores Holywood.	100
Figura 19. Sierra radial portable.	100
Figura 20. Lijadora de mano.	101
Figura 21. Ruteadora de mano.	101
Figura 22. Pulidora de mano.	101

Figura 23. Compresor 30HP.	102
Figura 24. Compresor 20HP.	103
Figura 25. Bancada trifásica.	103
Figura 26. Área de corte antes del cambio tecnológico.	104
Figura 27. Área de corte después del cambio tecnológico.	104

LISTA DE ANEXOS.

ANEXO A.	97
Equipos de las áreas productivas de la empresa.	97
ANEXO B	105
Cronograma de actividades para mantenimiento preventivo años 2014 a 2015.	105
ANEXO C	107
Formato de orden de trabajo para mantenimiento preventivo.	107
ANEXOS D	108
Documentos en medio magnéticos.	108
Cuadros de carga de cada área de la empresa H&M.	108
Cuadro de carga general de la empresa H&M.	108
Planos de vista en planta de cada área de la empresa H&M	108
Planos de vista en planta de todas las bodegas de la empresa H&M.	108
Diagramas unifilares de la empresa H&M.	108

GLOSARIO

ALTA DIRECCIÓN: Persona o grupo de personas que dirige y controla una organización al más alto nivel¹.

ARMONICOS CARACTERISTICOS: Son aquellos armónicos particulares producidos por una carga no lineal en condiciones normales de operación. Por ejemplo, los armónicos característicos de un equipo convertidor semiconductor de seis pulsos, son los armónicos impares no triples (de orden 5, 7, 11, 13, entre otros).

- **H** = $kq \pm 1$.
- **K** = Cualquier número entero.
- **q** = Número de pulso del convertidor².

CALIDAD DE POTENCIA: Conjunto de características de la electricidad en un punto dado de un sistema de potencia en un momento determinado, que permiten satisfacer las necesidades requeridas por el usuario de la electricidad. Estas características son evaluadas con respecto a un conjunto de parámetros de referencia².

CANTEADORA: Dispositivo para procesamiento de madera que se encarga de lijar o eliminar las imperfecciones en el listón antes de ser cortadas.

CAPACIDAD INSTALADA: Cantidad de potencia total de carga eléctrica disponible para producción en el sistema eléctrico.

COMPRESOR: Máquina de flujo construida para aumentar la presión y desplazar fluidos compresibles. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él, convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir².

CONSUMO DE ENERGÍA: Cantidad de energía utilizada².

EFICIENCIA ENERGÉTICA: Reducción de consumo de energía al aplicar medidas, reformas y hábitos encaminados a reducir la demanda de energía que presenta una vivienda, edificio o recinto.

¹ **ICONTEC NTC-ISO 5000.** Bogotá: ICONTEC 2013.

² http://widman.biz/boletines_informativos/56.pdf.

ENERGÍA: Electricidad, combustibles, vapor, calor, aire comprimido y otros similares.

SIERRA RADIAL DE BANCO: Equipo que se encarga de cortar el listón de madera y darle las dimensiones deseadas para su posterior proceso. Es la máquina que más se repite en el área de corte y posee un motor eléctrico de 4,5 kW.

USO DE LA ENERGÍA: Forma o tipo de aplicación de la energía
Ejemplo: Ventilación; iluminación; calefacción; refrigeración; transporte; procesos; líneas de producción.

USO SIGNIFICATIVO DE LA ENERGÍA: Uso de la energía que ocasiona un consumo sustancial de energía y/o que ofrece un potencial considerable para la mejora del desempeño energético.

INTRODUCCION

El presente documento presenta el trabajo realizado en la organización H&M Ltda., la cual es una empresa productora de muebles, perteneciente a un grupo de pymes seleccionado por JAMAR S.A. como productores exclusivos de esta, siendo un socio estratégico importante y cuyo proceso productivo labora bajo la figura de proveedor exclusivo. Se trata de una empresa familiar, la cual empezó con un capital humano y monetario reducido, y fue creciendo hasta convertirse en una empresa con alrededor de 100 empleados directos. La organización se encuentra ubicada en el municipio de Soledad, Atlántico.

Como muchas de las empresas familiares y del sector madera, no posee un plan de crecimiento del sistema eléctrico, sino que instalan maquinaria y dispositivos de forma poco técnica y por lo general no cumplen con normas referentes como la NTC 2050, RETIE e internacionales.

Por tanto, es necesario teniendo en cuenta los antecedentes encontrados en el diagnostico preliminar, realizar un análisis descriptivo de la organización para encontrar oportunidades de mejoramiento del sistema eléctrico, proponer cambios tecnológicos basados en criterios ingeniería eléctrica y además realizar seguimiento al área de corte (por ser el área de mayor capacidad instalada), con el fin de proponer el seguimiento y tener un estimado de la energía necesaria en un metro lineal de corte, para determinar las mejores condiciones de trabajo y el mejor uso de la energía.

Para este proyecto se realizó el análisis de las oportunidades de ahorro que presentaba la empresa, considerando las necesidades presentadas por la misma. Se realiza el estudio soportado con la información recolectada en las visitas realizadas, las mediciones e inspecciones obtenidas con equipos de medición acreditados para entregar datos confiables, y con el apoyo de los investigadores y equipos del programa de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de La Costa. Permitiendo entregar a la empresa soluciones energéticas que aporten a la mejora en el sistema eléctrico. Los resultados de este proyecto responden a mejoras en el sistema de transformación de energía eléctrica y de aire comprimido, que están documentados en el presente trabajo.

Se realizó el análisis del factor que más afecta el consumo energético del área de corte, por ser esta la de mayor consumos de energía y con los resultados dados por la mediciones y análisis del comportamiento de las mismas, se proponen opciones de seguimiento cualitativo.

Otro aporte que presenta este proyecto es el diseño de cuadros de carga y plano de instalaciones eléctricas para optimizar desequilibrio de corrientes, tensiones y aumentar la seguridad del personal que labora en la organización.

La alta gerencia de la empresa H&M avala el desarrollo del proyecto, siendo una gran oportunidad de desarrollo para las partes involucradas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los cambios económicos a los cuales las empresas están siendo sometidas, debido a la globalización y apertura de mercados obligan a que las organizaciones sean más competitivas cada día. Para lograr dicho cometido es necesario ser más eficientes con el objetivo de producir más bienes en menor tiempo y al menor costo posible.

Los estudios sobre la optimización de procesos y reducción de costos por el uso de energía son relativamente nuevos en el país. Analizando esta problemática desde el punto de vista de la eficiencia energética y tomando en cuenta los efectos en la reducción de emisión de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados, así como el decrecimiento de los costos del rubro por concepto de energía [2].

La estrategia común para determinar potenciales de ahorro energético es mediante la caracterización energética, pero hay escenarios en los que no se hace tan fácil determinar la aplicación de este método y son los casos en los que el consumo no se encuentra dividido o medido por áreas, o cuando no exista información precisa y detallada de la maquinaria existente por tanto se limita la caracterización.

La empresa H&M, no escapa de la realidad que hoy presentan las organizaciones y por esto dentro de sus planes se encuentra el ahorro de energía como aspecto a mejorar. Sin embargo, existen condiciones que no permiten en el corto plazo lograr un buen desempeño energético sin antes ejecutar acciones dirigidas al mejoramiento del sistema eléctrico y estudios relacionados con el uso de la energía.

La capacidad instalada de la empresa es considerable, y presenta condiciones que se deben mejorar en las instalaciones eléctricas, tales como caídas de tensión, desbalances de cargas, empalmes no certificados, conductores sin canalización y en mal estado, maquinaria artesanal, puntos calientes, ausencia de registro de cableado, sistema de transformación no certificado y se agrega que no se tiene un plan de expansión del sistema eléctrico.

Dichas condiciones alejan a la empresa de un desempeño energético eficiente y por lo tanto se debe encontrar oportunidades de mejora y realizar seguimiento cualitativo al consumo en el área de mayor capacidad instalada.

Por las razones planteadas anteriormente, y por el deseo de la empresa productora de alcobas H&M de mejorar su desempeño energético y realizar cambios en su tecnología, realizando inversiones de bajo costo y seguimiento a su proceso productivo. Se realiza el planteamiento de la siguiente interrogante:

- ¿Cuenta la empresa H&M con oportunidades de mejora en el desempeño y uso de la energía eléctrica?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio diagnóstico e identificar opciones de mejoramiento y seguimiento en el desempeño del sistema y uso de la energía eléctrica de la empresa productora de muebles H&M.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Analizar el estado del sistema eléctrico de la empresa productora de muebles H&M y determinar opciones de mejora.
- Identificar los factores de mayor incidencia en el área de mayor capacidad instalada en potencia de la empresa productora de muebles H&M.
- Documentar los cambios tecnológicos y estructurales de la empresa objeto de estudio, producto de la identificación de opciones de mejoramiento.
- Diseñar opciones de seguimiento para el mantenimiento del sistema eléctrico de la empresa.
- Entregar recomendaciones y sugerencias para el mejoramiento continuo del sistema eléctrico de la empresa, basados en cálculos, diseños en planos y cuadros de carga.

3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto realiza un análisis descriptivo del sistema eléctrico de la empresa productora de muebles H&M, con el fin de proporcionar opciones de mejoramiento, y optimizar el desempeño de las instalaciones y dispositivos o maquinarias presentes.

Además acota el área de mayor capacidad instalada (área de corte) y realiza seguimiento al factor o variable que tiene mayor incidencia en el consumo energético; la corriente o intensidad eléctrica.

Se realiza un análisis y seguimiento cualitativo ya que la investigación no contempla estudios estadísticos, sino aporta al desempeño y rendimiento de la organización de una perspectiva cualitativa, en la cual se proponen acciones correctivas, opciones de mejoramiento y análisis del consumo en el proceso de corte.

Se pretende realizar un acercamiento a la organización a un desempeño energético eficiente, atacando problemas funcionales notables presentes en el sistema eléctrico, para la mejora en la eficiencia energética y establecimiento de metas, una vez se haya analizado el estado actual de la organización objeto de estudio y se aporten acciones de mejora en su funcionamiento.

Se realiza la investigación teniendo en cuenta las mediciones realizadas en las diferentes visitas técnicas e inspecciones preliminares; mediciones realizadas con el analizador de redes arrow Dranetz 4400; cálculos basados en documentos de ingeniería eléctrica; software de simulación ETAP 11.1.0; herramientas estadísticas básicas como tablas, gráficos, promedios entre otros; y criterios propios aportados por los autores y adquiridos en la formación como ingeniero eléctrico.

4. JUSTIFICACION

Se puede definir empresa como una organización, institución o industria dedicada a actividades o persecución de fines económicos o comerciales para satisfacer las necesidades de bienes y servicios de los demandantes. En la mayoría de los casos la empresa empieza como una pequeña organización, que satisface la necesidad de bienes a un número limitado de demandantes, pero si existe un buen manejo gerencial y el bien o servicio prestado es de buena calidad, la organización crece y por ende debe hacer expansión para realizar mayor trabajo en el menor tiempo posible. La fábrica de muebles H&M es una industria que se encarga de transformar materia prima (madera) en un producto final, en este caso se especializa en la fabricación de alcobas. La organización que empezó como un taller que fabricaba pocas unidades mensuales, ha crecido y con ella la necesidad de implementar más maquinaria; debido a estos cambios se ha generado un incremento en el consumo de la energía eléctrica y por consiguiente en los gastos por este concepto. Además la organización no ha seguido ningún tipo de plan de crecimiento en el sistema eléctrico.

La necesidad de implementar acciones y posturas frente al actual desempeño energético de la empresa objeto de análisis, nace de estudios anteriores producto de trabajos de aula que consistía en caracterizar la empresa en el año 2012, en un programa conjunto con todas las organizaciones de JAMAR. La alta gerencia de la organización manifestó interés en mejorar su desempeño energético.

Sin embargo, al realizar inspecciones y visitas para la recopilación de la información preliminar, se detectaron varias situaciones y condiciones que desfavorecen el funcionamiento de las instalaciones y los dispositivos que se encuentran presentes en ella.

Tales situaciones no permiten un acercamiento a mejorar el desempeño energético. Condiciones tales como caídas de tensión, fugas en sistemas de aire comprimido, desbalance de cargas, sobrecorriente en equipos, entre otras.

Además no existe información completa y confiable de todos los equipos en planta o consumos energéticos, debido a la falta de organización en el aspecto energético de la empresa.

Por lo tanto, se plantea realizar un análisis descriptivo y seguimiento cualitativo, con el fin de aportar al mejoramiento del sistema eléctrico de la empresa. Esta estrategia permite enfocar los puntos críticos que afectan al desempeño energético, y analizarlos utilizando conceptos propios de la ingeniería eléctrica, con el fin de proponer acciones correctivas, opciones de mejoramiento y seguimiento a variable de mayor incidencia en el consumo energético, en el área de mayor capacidad instalada.

La empresa tiene varias áreas para su proceso de producción, sin embargo, la investigación hace énfasis específico en el área de corte, ya que se constituye principalmente de motores eléctricos trifásicos y es la sección con mayor capacidad eléctrica instalada. Otras áreas también poseen capacidad instalada considerable, pero se trata de cargas estables, es decir, que su consumo no varía en gran proporción, tal como la iluminación para la producción de calor.

El principal aporte de este trabajo, consiste en entregar oportunidades de mejoramiento en el sistema eléctrico a la empresa productora de muebles, y considerando que al optimizar el sistema, también lo hace el desempeño energético. Además representa beneficios a la parte académica, ya que representa la aplicación de los recursos de la ingeniería en la solución de problemas de forma rápida y viable; la organización objeto del análisis descriptivo es beneficiada ya que identifica sus oportunidades de mejora y se le entrega información imperativa para futuros trabajos o ampliaciones en su sistema eléctrico.

5. ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO

5.1 ANTECEDENTES

La cadena forestal, madera y muebles comprende la producción de madera (en bosques naturales o plantaciones forestales), las actividades de explotación de la madera (tala de árboles y extracción de la madera en rollo), aserrado y la fabricación de muebles y accesorios.

El proceso de producción de la cadena madera y muebles de madera, se origina en las plantaciones forestales y en los bosques naturales explotados en su mayoría sin ningún control. De los bosques nativos y las plantaciones forestales se obtienen las trozas o también denominadas maderas en bruto procesadas por los aserraderos y convertidas en maderas aserradas o chapas, que posteriormente serán utilizadas en la construcción o fabricación de muebles, tableros, puertas, pisos y techos, artículos de madera y corcho, entre otros.

Particularmente, Barranquilla se caracteriza por conglomerar empresas que van desde las actividades de aserrío, venta y comercialización de madera inmunizada, fabricación de tableros aglomerados, chapas y contrachapados, hasta empresas fabricantes de muebles de madera y accesorios diversos para el hogar y la industria en general. Las plantaciones, así como la comercialización de insumos de este sector, se concentran en otras regiones del país.

En el caso particular de Barranquilla, se pudo observar que la gran mayoría de las empresas dedicadas a la actividad de aserrío, están constituidas bajo la figura aserradero-depósito, empresas con infraestructuras sencillas y pequeñas que no realizan actividades de secado e inmunizado, recibiendo casi que cualquier tipo de madera para su compra y distribución [1].

La gran mayoría de empresas de este segmento se dedica al aserrado de madera de acuerdo a la solicitud del cliente sin ningún tipo de estandarización. En otras palabras, cada empresa produce las dimensiones que el cliente le demanda llevando a un incremento en los desperdicios tanto en el aserradero mismo como para el mismo el cliente.

En el caso particular de Barranquilla, se pudo observar que la gran mayoría de las empresas dedicadas a la actividad de aserrío, están constituidas bajo la figura aserradero-depósito, empresas con infraestructuras sencillas y pequeñas que no realizan actividades de secado e inmunizado, recibiendo casi que cualquier tipo de madera para su compra y distribución [9].

Sin embargo, para el caso de la organización objetivo del proyecto, la empresa productora de muebles H&M Ltda., se tiene un proveedor único el cual pidió confidencialidad en su nombre por cuestiones de imagen y mercado, el cual le produce listones de 5 pulgadas de ancho, con un grosor de 2 a 2.5 pulgadas y un largo de 6 y 8 pies bajo pedido, todas con un proceso de secado que dura 23 días, y el mismo tipo de madera, el roble.

Además se puede destacar que el proceso usa en un 90% este tipo de madera para la fabricación de muebles, en este caso alcobas, y para un comprador exclusivo, la empresa JAMAR. Esta situación elimina la variabilidad de la materia prima, ya que la hace más uniforme al tener un solo tipo y un solo proveedor.

En la Universidad De La Costa existen investigaciones que demuestra que es una temática que sirven de antecedente a este proyecto y demuestran la experiencia y la capacidad que tiene el grupo de investigación GIOPEN, para soportar trabajos relacionados con la mejora de la eficiencia energética en empresas dentro de la institución. Además las investigaciones realizadas por los investigadores del grupo han permitido realizar mejoras en empresas del sector madera, y este proyecto responde a la continuidad investigativa en esta área.

Dentro de los documentos encontrados se destacan los siguientes:

- Caracterización y diagnóstico energético de la empresa PIZANO S.A. (2006).
- Metodología de caracterización energética como herramienta de las auditorías energéticas en instituciones de educación de la región Caribe, para el control interno de sus consumos de energía. (2008).
- Caracterización energética en los sistemas de iluminación en el sector comercial para lograr una mayor eficiencia, y un ahorro energético. (2011).
- Diagnóstico de calidad de la energía y estudio de eficiencia energética en luminarias y sistema de acondicionamiento de aire de los bloques CRD, biblioteca y aulas del Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico ITSA (2011).

Adicionalmente dentro de la empresa objeto de estudio se realizó en el año 2012 un diagnóstico energético inicial por parte de integrantes de la asignatura “Gestión Eficiente De La Energía” asignatura que tiene como tutora la MSc. Milen Balbis Morejón, sin embargo este estudio solo abarcó un censo de carga, el diagrama energético productivo y un estudio técnico preliminar de cargas seleccionadas esto debido al tiempo de ejecución asignado para el estudio y a la carencia de equipos de medición especializados.

5.1.1. Análisis de la normatividad existente relacionadas con el buen uso de la energía y la eficiencia energética.

En 2009 Europa hace el lanzamiento de la primera norma enfocada a sistemas de gestión de la energía (UNE EN 16001) por medio de la cual se ayudaba a conocer y entender mejor toda la parte referente a costos y presupuestos energéticos en cada una de las áreas y actividades de la empresa. Este sucedió en un momento en el cual se veía crítica la necesidad de evaluar y gestionar los consumos de energía usada en cada proceso o área de las organizaciones.

No obstante a esto a no existía una norma que tuviese validez a nivel internacional y que guiara el nuevo diseño organizacional requerido en la empresa para la administración eficiente de sus recursos energéticos y el impacto ambiental que produce el uso de la energía en los procesos productivos por lo que Colombia decide en base a está lanzar una norma relacionada con este tema de eficiencia por lo que surge la ISO 50001 enfocándola al concepto de auditoria energética equiparable con el de revisión energética.

5.1.2. Normas oficiales para la determinación de la eficiencia de motores eléctricos

Las principales normas internacionales para ensayos de máquinas eléctricas son la IEEE-112, IEC 34-2 y JEC-37. Estas establecen procedimientos que implican consideraciones en cuanto a las pérdidas, tipos de mediciones o instrumentos requeridos, valores de corrección de temperatura para las resistencias y otros. La diferencia principal entre estas normas radica en el tratamiento de las pérdidas adicionales, lo que repercute directamente en la eficiencia nominal de chapa. [2], [3], [4], [5].

En la IEC 34-2 las pérdidas adicionales se asumen como un valor fijo (0,5 % de la potencia de entrada para potencia de salida nominal) independientemente de la potencia nominal del motor y proporcional al cuadrado de la corriente de línea. En la JEC-37 se desprecian totalmente las pérdidas adicionales, por lo que los valores de eficiencia determinados aplicando esta norma siempre dan valores superiores a los obtenidos por los métodos de la IEEE o la IEC.

5.1.3. Métodos y herramientas para la determinación de la eficiencia de motores eléctricos en condiciones de campo.

La determinación de la eficiencia de los motores eléctricos en campo, es necesario para conocer su desempeño y analizar el comportamiento de las variables, para comparar si actúan dentro de sus valores nominales.

Las acciones y métodos que pueden ejercerse, se mencionan y explican a continuación teniendo en cuenta, la factibilidad de ejecución en condiciones de campo con tensión desbalanceada [6], [7].

El uso de la lectura del dato de placa, se basa en que a partir de estos datos, se determina o lee la eficiencia y con la lectura de la potencia de entrada, se determina la potencia de salida. Esta acción no es invasiva y tampoco requiere sacar el motor de servicio ni de un equipamiento adicional, pero parte de suponer que la eficiencia es constante para cualquier estado de carga, e igual a la de la chapa. En motores medios y grandes el error cometido no es muy grande, ya que la curva de eficiencia de estos motores es prácticamente plana; ahora bien, en motores menores de 5 kW la eficiencia baja apreciablemente con la carga y el error cometido pueden ser grandes, sobre todo, si el motor está subcargado. En condiciones de desbalance, las pérdidas aumentan considerablemente disminuyendo la eficiencia sensiblemente, por lo que en estas condiciones no se recomienda el uso de este método.

El método del deslizamiento supone, que el estado de carga es proporcional a la relación del deslizamiento medido y el deslizamiento nominal. La velocidad se pudiera determinar mediante un estroboscopio o tacómetro óptico. Su nivel de invasividad es bajo, pues funciona proyectando un haz de luz sobre el eje del motor y conectándolo a la misma red de alimentación o mediante baterías. Es necesario sacar al motor de servicio sólo para hacerle una marca en el eje. Su exactitud está alrededor de 1 rpm en motores de cuatro polos. Ahora bien, es necesario disponer de este instrumento o comprarlo, en cuyo caso su precio es superior al de un amperímetro de gancho. Por otro lado, se pudiera cometer un error apreciable debido a que la velocidad de chapa del motor tiene una tolerancia de más o menos 20 por ciento entre la velocidad sincrónica y la velocidad a plena carga [8].

5.2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Según la teoría de distribución de planta, dependiendo de la conjugación de diferentes factores, se determina el funcionamiento de la empresa, y por ende, características tales como la eficiencia. Es notable recalcar que no se va a estudiar la distribución de la empresa y analizar el enfoque de métodos y tiempos, diagrama de procesos, entre otros, debido a que no es el objetivo final del presente proyecto, pero se tomarán los factores presentes en la teoría de distribución de planta de Edward Muther para trasladarlas a factores o variables eléctricas, consiguiendo justificar cuales se tienen en cuenta en el análisis [9].

El procesamiento de madera para la fabricación de muebles en la costa atlántica generalmente se puede definir como semi artesanal, ya que la mano de hombre está profundamente relacionada con el producto final, y se valen de maquinaria para auto asistirse en ciertas tareas. La tecnología que utiliza se constituye

principalmente de motores eléctricos soportados por estructuras, y acoplados a sistemas de relación que en su eje final poseen sierras, cuchillas y otros elementos para dar las dimensiones finales. Además se usan compresores para el pintado de los muebles.

Debido a la naturaleza de la mayoría de las cargas en el sistema se hace necesario el análisis de estos, atacando al tipo de maquinaria que más se repite y exista variabilidad en su consumo.

5.2.2 Importancia de la distribución en planta y los factores que influyen en el desempeño energético.

Existen diferentes tipos de distribución en planta, la empresa objeto de estudio representa la distribución **movimiento de material**, la cual consiste en el movimiento de la materia prima de un proceso a otro consiguiente. En este tipo de distribución en planta se conjugan los factores mencionados a continuación.

5.2.3 Factores que afectan la distribución en planta.

Factor 1. Material

El factor más importante en una distribución es el material. Incluye los siguientes elementos o particularidades:

- Materias primas.
- Material entrante.
- Material en proceso.
- Productos acabados.
- Material saliente o embalado.
- Materiales accesorios empleados en el proceso.
- Piezas rechazadas, a recuperar o repetir.
- Material de recuperación.
- Chatarras, viruta, desperdicios o desechos.
- Materiales de embalaje.

- Materiales para mantenimiento, taller de utillaje u otros servicios.

El objetivo de la producción es transformar, tratar o montar material de modo que se logre cambiar su forma o características. Esto es lo que dará el producto. Por ello la distribución de los elementos de producción ha de depender necesariamente del producto que se desee y del material sobre el que se trabaje.

Las condiciones que afectan al factor material son:

- El proyecto y especificaciones del producto.
- Las características físicas o químicas del mismo.
- La cantidad y variedad de los productos o materiales.
- Las materias o piezas componentes y la forma de combinarse unas con otras³.

5.2.3.1 Delimitación del factor materia prima en la investigación.

En la empresa productora de muebles H&M, la materia prima se compra a un único proveedor, situación que elimina la variabilidad en el proceso, ya que se constituye bajo unas características muy similares de tamaño, el mismo tipo de madera y condiciones de humedad. La madera se compra bajo unas medidas de longitud, grosor y ancho. El proceso siguiente es de secado, en el cual se toma todas las unidades de madera (Listones), y se meten dentro de un horno durante 23 días, así se elimina al máximo la humedad y están listos para ser transportados y posteriormente almacenados. Además se utiliza para la fabricación de los muebles el roble.

Considerando que para el proceso se usa un listón con condiciones de tamaño, características químicas similares (Un solo tipo de madera con un proceso de secado casi estandarizado), y un único proveedor, es correcto asumir que este factor no se trata de una variable, sino más bien una constante dentro del proceso, por lo cual si se analiza el desempeño energético de la empresa y se considera diferentes situaciones bajo el mismo diagrama de proceso, la madera será la misma en cada situación.

³ R. Muther, Distribución en planta, 2002

Factor 2. Maquinaria

Después del producto o material sigue, en orden de importancia, la maquinaria y el equipo de proceso. La información sobre la maquinaria (Incluyendo las herramientas y equipo) es fundamental para una ordenación apropiada de la misma.

Los elementos o particularidades del factor maquinaria, incluyen:

- Máquinas de producción.
- Equipo de proceso o tratamiento.
- Dispositivos especiales.
- Herramientas, moldes, patrones, plantillas, montajes.
- Aparatos y galgas de medición y de comprobación, utilidades de prueba.
- Herramientas manuales y eléctricas manejadas por el operario.
- Controles o cuadros de control.
- Maquinaria de repuesto o inactiva.
- Maquinaria para mantenimiento. Taller de utillaje u otros servicios.

La lista de consideraciones sobre el factor maquinaria, comprende:

- Proceso o método.
- Maquinaria, utillaje y equipo.
- Utilización de la maquinaria.
- Requerimientos de la máquina y del proceso.⁴

⁴ R. Muther, Distribución en planta, 2002

5.2.3.2 Delimitación del factor maquinaria en la investigación.

En el área de corte de la empresa productora de muebles H&M, se realiza un análisis del tipo de maquinaria a utilizar, y después de realizar un censo de carga, caracterizar el sistema eléctrico, dividir el área por procesos y establecer las cargas instaladas, se toma dentro del área crítica de estudio (área de corte), el tipo de maquinaria que más se utiliza, y la que mayormente se repite en unidades, es decir, por función, la que más carga instalada representa, y siendo un proceso vital para la producción.

Factor 3. El hombre.

Como factor de producción, el hombre es mucho más flexible que cualquier material o maquinaria. Se le puede trasladar, se puede dividir o repartir su trabajo, entrenar para nuevas operaciones y, generalmente, encaja en cualquier distribución que sea apropiada para las operaciones deseadas.

Las consideraciones sobre el factor hombre son:

- Condiciones de trabajo y seguridad.
- Necesidades de mano de obra (Tipo de trabajadores, número necesario y horas de trabajo).
- Utilización del hombre.
- Otras consideraciones⁵.

Es propio de cada operario ciertas variables aplicadas al momento de realizar una operación tales como, la fuerza ejercida contra la madera para hacerla pasar por la sierra, la rapidez con la que realiza cada determinada operación. Dentro de esta última se tiene que considerar la fuerza ejercida al momento del inicio del corte y al final del mismo ya que en estos momentos la fuerza ejercida para el proceso de corte tiende a ser menor a la ejercida en la mitad del mismo.

Si bien en cada operario estas variables son propias, también actúa de gran manera el factor experiencia, ya que cuando el operario es más experimentado estas características tienden a asimilarse y esto permite considerar que los operarios experimentados tienen un ritmo de trabajo o de producción similar.

⁵ R. Muther, Distribución en planta, 2002

Por lo tanto, para el análisis objetivo del presente proyecto, se determinan dos operarios con experiencia de más de 5 años, con aptitudes físicas para el trabajo, sin limitaciones visuales, cognitivas o auditivas conocidas o muy limitantes (basándose en los exámenes de rutina y aptitudes notorias) y con edades entre 25 y 40 años.

Se considera que “el adulto joven típico (Entre 20 y 40 años) es un espécimen físicamente bueno, le caracteriza su fuerza, energía y resistencia. Desde la mitad de los 20 años, cuando la mayor parte del cuerpo está completamente desarrollado (en tamaño) hasta alrededor de los 50, el declive de las capacidades físicas está generalmente tan graduado que se nota difícilmente” [2].

“Los sentidos están también más agudos durante la vida adulta joven. La agudeza visual es más penetrante alrededor de los 20 años y empieza a declinar alrededor de los 40. Una pérdida gradual de la audición empieza típicamente antes de los 25 años, después de estos, la pérdida llega a ser más real. El gusto, el olfato y la sensibilidad al dolor y a la temperatura generalmente no muestran ninguna disminución hasta cerca de los 45 a los 50 años.”[3]

5.2.3.3 Delimitación del factor hombre en la investigación.

Se aclara que por el alcance del proyecto no se incursionara en análisis psicológicos, físicos, emocionales, aptitudinales, intelectuales que estudien al operario. Se limita a escoger un operario en una edad adulta joven, sin limitaciones físicas notables, con experiencia y practica de trabajo con buenas maneras para que sirvan como operarios modelos del análisis de las variables que afecten el desempeño energético desde una perspectiva de la ingeniería eléctrica.

Factor 4. Espera.

Cuando la distribución está correctamente planeada, los circuitos de flujo de material se reducen a un grado óptimo. Nuestro objetivo es una circulación material clara y veloz del material a través de la planta, siempre en progreso hacia el acabado del producto.

Siempre que los materiales son detenidos, tienen lugar las esperas o demoras, y éstas cuestan dinero.

Los costos de espera incluyen los siguientes:

- Costo del manejo efectuado hacia el punto de espera y del mismo hacia la producción.

- Costo de manejo en el área de espera.
- Costo de los registros necesarios para no perder la pista del material en espera.
- Costo de espacio y gastos generales.
- Intereses del dinero representando por el material ocioso.
- Costo de protección del material en espera.
- Costo de los contenedores o equipo de retención involucrados.⁶

Una situación o variable presente en el proceso y que afecta al desempeño energético es el tiempo en vacío del motor.

Tiempo en vacío del motor: La organización de los procesos es fundamental en cualquier empresa, y esta no es la excepción, una buena organización de los procesos se traduce en menor tiempo de operación o en este caso en una menor operación del motor o de la máquina. El tiempo en vacío se da cuando el operario tiene que moverse de su sitio de trabajo para buscar la materia prima o a realizar alguna otra actividad ajena a su actividad habitual, esto ocasiona que la máquina quede prendida, “trabajando en vacío” es decir operando sin realizar ningún tipo de corte.

Se sabe que la corriente de arranque es entre 3 y 8 veces mayor que la corriente nominal, es por esta razón que cuando el tiempo en vacío es corto se considera la opción de dejar el equipo encendido siempre y cuando la potencia consumida en ese periodo de tiempo no sobrepase la potencia consumida por el equipo en el momento del arranque.

5.2.3.4 Delimitación del factor espera en la investigación.

El tiempo en vacío es una variable dependiente de la distribución de planta, pero también de la práctica del operario o factor hombre, por lo tanto, para cumplir con los alcances del proyecto y no caer en un estudio de procesos y métodos y tiempos, se apreciara de la perspectiva energética eléctrica, y por lo tanto el proyecto tomara como causante de esta variable al operario, tomando como base el estudio de procesos anteriormente realizado en la empresa. Por otro lado el tiempo en vacío no solo se debe a una falla en el diseño del proceso, pues

⁶ R. Muther, Distribución en planta, 2002

también puede ser consecuencia de una baja en la producción, o simplemente ese puede ser el tiempo estipulado de funcionamiento.

Por lo tanto, es viable asumir que el tiempo en vacío del motor del presente proyecto, se asocia a una variable dependiente del operario, ya que no se pretende modificar el proceso, sino identificar las variables que afectan el desempeño energético, y proponer opciones de mejoramiento sin modificar los procesos productivos ya existentes.

Existen otros factores tales como el servicio de la planta, la disposición física del edificio o planta de producción, el movimiento de la materia prima y el factor cambio, pero representan problemas o situaciones encaminados hacia el estudio de métodos y tiempos, y no se asocian variables de desempeño energético eléctrico, por lo tanto no se introducirán sus conceptos.

5.2.4 Variables eléctricas.

Tensión: La tensión es la diferencia de potencial entre dos puntos. La tensión o voltaje están normalizados según las necesidades y se declara el nivel de tensión a trabajar para alimentar las cargas. Aun cuando el voltaje es declarado en el sistema eléctrico, existen posibilidades de variación de tensión. La primera consiste en el mal dimensionamiento del conductor, y por ende la caída de tensión en el punto final. La segunda es un fenómeno normal encontrado frecuentemente en la industria cuando se tiene una carga con un factor de potencia diferente a 1, ósea cargas inductivas o capacitivas. Las cargas inductivas son desmagnetizante y generan una fuerza contra electromotriz y por lo tanto se oponen al sentido normal de la diferencia de potencial entrante; las cargas capacitivas funcionan como almacenadores de energía y ayudan a elevar la tensión en pequeñas proporciones. Las variaciones en el voltaje no deben superar el 3% según la norma NTC 2050. Por estos motivos se considera la tensión como una variable independiente presente en los motores eléctricos del área de corte (cargas inductivas) y se realizaran mediciones para determinar su influencia sobre el desempeño energético en el proceso.

Corriente: Las maquinas eléctricas traen dentro de los parámetros nominales, pero la corriente varía dependiendo de la magnitud de la carga. Un motor eléctrico, refleja en la placa de características el nivel nominal y mayor de corriente que pueden soportar sus devanados.

Pero si se le aplica poca carga, la corriente demandada por el motor será menor que la reflejada por la placa (Aunque los motores pueden trabajar a 125% en periodos determinados de tiempo). Cuando se le aplica la carga nominal, aparece la corriente nominal.

La corriente es la variable independiente más evidente ya que como la potencia es el producto entre la tensión y la corriente, será la magnitud de la potencia disipada en el proceso.

Además si el promedio de la corriente analizado en un intervalo determinado de tiempo no es igual a la corriente de placa, significa que el factor de carga no es 1 o cercano, y por ende el motor está sobredimensionado.

Factor de potencia: En el estudio de los circuitos eléctricos el factor de potencia es un número adimensional comprendido entre 0 y 1, que define la relación entre la potencia activa y la potencia aparente. Los motores, transformadores y en general todos los dispositivos eléctricos que hacen uso del efecto de un campo electromagnético, (cargas inductivas o capacitivas), además de requerir potencia activa para convertirla en trabajo necesitan una potencia reactiva para la generación del campo magnético. Aun cuando en la placa de características de las maquinas eléctricas se muestra un factor de potencia, este depende de la magnitud de la potencia activa necesitada para realizar el trabajo, quien a su vez depende de la corriente presente en la máquina para cumplir los requerimientos de la carga. En el catálogo siemens de motores trifásicos de inducción se refleja como el factor de potencia disminuye proporcionalmente con la carga, lo que nos indica una variable de respuesta de condiciones de proceso. Por otro lado, el factor de potencia también se ve afectado por la presencia de armónicos en la red, ya que al existir distorsiones en la onda, el triángulo de potencia no sería el mismo conocido habitualmente. (Se aplica en calidad de la energía).

Calidad de la energía: La calidad de la energía eléctrica, trata de los factores intrínsecos de este tipo de energía que para efectos propios del proyecto, se trata de energía eléctrica en forma alterna y se compara con un estado ideal de una onda sinodal pura y continuidad en el servicio. La calidad de la energía se divide en dos ramas; calidad de potencia y calidad del servicio, la primera se tendrá en cuenta para analizar el desempeño energético de la empresa objeto de estudio, ya que incluye el análisis de la presencia de armónicos, los cuales a su vez afectan el factor de potencia por ser distorsiones de onda no pertenecientes a la potencia activa fundamental. Por otro lado la calidad del servicio trata acerca del servicio técnico y servicio comercial, aspectos pertenecientes al operador de red y que si bien afectan la continuidad de la producción, no se tendrá en cuenta en el estudio por ser una variable externa del proceso de producción de alcobas. La calidad de la potencia ha sido estudiada previamente por expertos en la materia, y por ello han surgido normas internacionales como la IEEE 519, 1452, y adaptaciones nacionales como la NTC 5000. Tomando como referencia la bibliografía existente, se tratara la calidad de la energía como una variable binaria, es decir, si el sistema eléctrico cumple o no con los niveles estandarizados. Si el sistema no sobrepasa los niveles máximos de distorsión armónica y otros eventos, no obstante si sobrepasa los niveles establecidos por la NTC 5000, se analizará que impacto

tiene en el desempeño energético en el área de mayor consumo energético o donde el proceso es variable, para este caso, el área de corte.

Dentro de los parámetros de calidad de potencia se analizan los datos obtenidos con el analizador de red (THD-V, THD-I, distorsión armónica y desbalance de tensión) en el proceso de corte.

Potencia disipada: La potencia disipada se interpreta como la energía necesaria para realizar un trabajo; en término del estudio de la ingeniería eléctrica es el producto de la tensión de entrada o aplicada al dispositivo y la corriente requerida para el caso del análisis de un motor eléctrico, se tienen en cuenta bajo condiciones ideales de calidad de la energía. El triángulo de potencia y por ende se contempla la magnitud de la potencia aparente, potencia activa y potencia reactiva. Las cargas inductivas requieren potencia activa para realizar el trabajo, y potencia reactiva para generar el campo magnético, la suma algebraica de la potencia activa y la reactiva da como resultado la potencia aparente. La relación entre la potencia activa y la potencia aparente es el factor de potencia por lo tanto, la potencia activa se obtiene del producto entre la tensión, corriente y el factor de potencia, por eso se considera una variable de respuesta ya que su magnitud cambia linealmente dependiendo principalmente de la corriente, siendo este el parámetro de mayor variación en los procesos.

5.2.5 Variables mecánicas.

Estado de la cuchilla: El estado de la cuchilla de corte juega un papel fundamental en el proceso de corte de la madera ya que de esta depende la facilidad con la que se deslice la madera al momento de pasar por esta. También influye en la fuerza que debe ejercer el operario al momento de realizar el corte y estas variables se ven reflejadas en la potencia que se le exige al motor de la máquina al momento de realizar la operación. La cuchilla del motor al reducir su desempeño no se descarta, sino que se afila y vuelve a funcionar de manera óptima, los operarios y el personal de mantenimiento por experiencia y práctica definieron que la cuchilla de corte se debe afilar cada tres semanas y cambiar cada seis meses, ya que después de este tiempo no funciona de manera correcta y produce atraso en el proceso, si bien esta situación afecta el desempeño de la máquina, el hecho de que dentro de la empresa tengan un estandarizado el tiempo correcto de funcionamiento, convierte al estado de la cuchilla en una variable binaria, y en el momento de hacer algún tipo de medición, se procura que esté en su óptimo estado.

5.4 CONCLUSIONES DEL CAPITULO

La teoría de distribución de planta permite identificar desde la perspectiva industrial los factores que influyen en el desempeño de una organización, pero se parte de este punto hasta traducir dichos factores en energéticos eléctricos,

enfocando el propósito del proyecto. Además partiendo desde los conceptos puros de la distribución en planta, se verifica que los elementos que entran en la investigación no son escogidos al azar, sino productos de un análisis descriptivo con el fin determinar cuáles a considerar.

Por otro lado, fue necesaria recopilación de información en la empresa para delimitar los factores y asimilarlos para el mejor desarrollo del proyecto. No obstante es necesario además definir los métodos de mediciones, el cual será mediante al análisis de calidad y cargabilidad de la potencia eléctrica con un analizador de redes.

Además, mediante el censo de carga se puede definir cuál es el área de mayor capacidad instalada, tipo de carga y nivel de tensión. Es posible entonces determinar que el área de corte constituye el 37,17 % de la carga total de la empresa.

Es posible concluir, del presente capítulo, que los elementos que se consideran en la investigación son basados en principios plenamente aceptados, teóricamente y sustentados en observaciones e información que se obtiene a través del análisis descriptivo preliminar de la empresa objeto de estudio.

6. ESTUDIO DIAGNOSTICO

6.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Actualmente la empresa Fabricas de muebles H&M Ltda. Desarrolla actividades de procesamiento y comercialización de productos forestales primarios y secundarios especialmente fabricación de muebles en madera, aglomerados, tablex y MDF, comercialización compraventa, importación, exportación de toda clase de productos de madera, muebles clásicos y modulares de sala comedor.

6.1.1 Antecedentes de la empresa

A mediados del año 1967 el señor Hugo Vergara De La Rosa tuvo como idea de negocio consolidar una empresa de fabricación de productos de madera con la visión de consolidarse como una empresa líder en este mercado. De esta manera inició el negocio de forma familiar bajo la razón social de MUEBLES VERGARA contando con 10 empleados inicialmente.

Pasados los años la empresa demostró la calidad de sus productos y de esta manera se postuló como uno de los proveedores más importantes de **Muebles Jamar**. A principios del año 2006 debido a falta de organización, malos manejos de la gerencia y falta de personal competente y capacitado dio como resultado la desaparición de esta empresa del mercado.

A finales del mismo año se constituyó una nueva sociedad entre el señor Hugo Vergara Armenta y su esposa la señora Merlinda Butajo Herrera bajo la razón social FABRICA DE MUEBLES H&M LTDA. Sociedad que inició con un capital de \$10.000.000; Esta se fue posicionando nuevamente en el mercado y nuevamente volvió a ser proveedor de **Muebles Jamar** la cual le ha ayudado mediante la exigencia en la calidad a mejorar sus procesos de fabricación y tecnificación. La empresa en la actualidad cuenta con 82 empleados capacitados en diferentes áreas con los cuales se logra mantener el estándar de calidad.

La empresa FABRICA DE MUEBLES H&M LTDA se encuentra ubicada en la localidad de SOLEDAD, en el departamento de ATLANTICO. El domicilio social de esta empresa es CL 18 #13-80.

La forma jurídica de FABRICA DE MUEBLES H&M LTDA es SOCIEDAD LIMITADA y su principal actividad es "Fabricación de muebles para el hogar"

6.2. ORGANIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO E INVENTARIO DE EQUIPOS

La organización tiene como objetivo la fabricación de muebles para el hogar por medio del procesamiento de la madera, y este proceso conlleva varias etapas.

Además el inventario de equipos representa a la totalidad de la capacidad instalada de la organización sin cambio alguno, posteriormente se presentan los cambios sugeridos y el reemplazo de tecnología o la adición de esta al sistema eléctrico.

- **Almacenamiento:** Primera etapa del proceso donde se reciben la materia prima necesaria para la elaboración del producto final, y los insumos como pintura, accesorios, papeles, herramientas manuales, entre otros, se reciben y se organizan en almacén, por otro lado la madera se organiza en la bodega, según el día que fue recibida. Por lo general el tipo de carga es iluminación.
- **Corte:** La madera, materia prima y objeto principal del proceso, pasa de la bodega hacia el área de corte, donde se le dan las dimensiones deseadas. En esta área se encuentra la mayor potencia eléctrica instalada, ya que en esta etapa se requiere del uso de máquinas eléctricas que hacen parte de sierras de banco, canteadoras, taladros, sierras sin fin, trompo, extractores y ruteadoras. En esta área se hace énfasis ya que se encuentra instalado el 37,17% de la potencia total instalada de la empresa y además se trata de máquinas eléctricas que no trabajan a carga constante lo cual permite analizar del comportamiento de las variables eléctricas, ya que el consumo de energía no es constante, y permite estudiar los parámetros eléctricos.

Tabla 1. Inventario de equipos del área de corte.

AREA	NUMERO DE EQUIPOS	DESCRIPCION DEL EQUIPO	FUNCION	CONSUMO EN PLACA (Kw)	CONSUMO TOTAL	NO. DE FASES	TENSION DE TRABAJO (v)	FP
CORTE	5	MOTOR VOGES	SIERRA RADIAL DE BANCO	4,5	22,5	3	220	0,85
	3	MOTOR SIEMENS GRIS	SIERRA RADIAL DE BANCO	4,5	13,5	3	220	0,85
	1	MOTOR SIEMENS ROJO	SIERRA RADIAL DE BANCO	5	5	3	220	0,85
	1	MOTOR K AZUL	SIERRA RADIAL DE BANCO	4,5	4,5	3	220	0,85
	3	SIERRA DEWALT PORTABLE	SIERRA RADIAL PORTABLE	1,8	5,4	1	110	0,9
	1	CANTEADORA	CANTEADORA TRIFASICA	2,2	2,2	3	220	0,85
	1	MOTOR DE CORTE SERNS	SIERRA AUTOMATICA HOLLYWOOD	12,7	12,7	3	220	0,9
	1	SIERRA MARCA HOLLYWOOD	MOTOR AUXILIAR INTERNO	1,5	1,5	3	220	0,9
	2	EXTRACTOR HOLLYWOOD	EXTRACTOR DE ASERRIN HOLLYWOOD	2,3	4,6	1	220	0,9
	2	MOTOR EXTRACTOR EN SIERRA	EXTRACTOR DE ASERRIN DE SIERRA	3,8	7,6	3	220	0,9
	1	MOTOR SIERRA SIN FIN	SIERRA SIN FIN TRIFASICA	2,2	2,2	3	220	0,85
	2	MOTOR SIERRA SIN FIN	SIERRA SIN FIN MONOFASICA	2,2	4,4	1	110	0,85
	1	MOTOR DE TROMPO PARA DETALES	TROMPO/SIERRA PARA DETALLES	2,2	2,2	3	220	0,85
	2	CANTEADORA MONOFASICA	CANTEADORA MONOFASICA	2,2	4,4	1	110	0,85
	1	TROMPO CON BRAZO MECANICO	TROMPO HOLLYWOOD MECANICO	3,7	3,7	3	220	0,9
	1	MOTOR BRAZO MECANICO TROMPO	BRAZO MECANICO HOLLYWOOD	0,58	0,58	1	110	0,9
	1	TALADRO LIJADORA	TALADRO INDUSTRIAL	3	3	3	110	0,85
	1	RUTIADORA	RUTIADORA	1,33	1,33	1	110	0,85
TOTAL					101,31			

Fuente: Creada por los autores.

- **Preparación:** Después del corte y dimensionamiento de la madera, esta pasa a un área donde se prepara antes de darle los acabados finales. Aquí la madera se lija para eliminar asperezas y deformidades en su superficie, se buscan y mitigan los desniveles. En otras palabras, se pule la superficie de la madera que ya tiene unas dimensiones establecidas, y se aplican sellantes para el tratamiento de esta antes de ser pintada. En esta sección se usan en su mayoría herramientas manuales.
- **Armado:** Las piezas de madera previamente preparadas, pasan a una sección donde se prosigue a acoplar con otras piezas más pequeñas, y armas las partes de las camas; largueros, cabeceros, pieceros. Se utilizan herramientas manuales tanto eléctricas como neumáticas, de bajo consumo, pero esta área se asocia al compresor principal de la empresa, carga que se analiza de forma independiente ya que alimenta a otras áreas. Esta sección posee tres subdivisiones, armado 1 y armado 2; siendo cada una especialista en armar una pieza. La carga instalada se encuentra en el censo de carga, con el nombre de la herramienta correspondiente.

Tabla 2. Inventario de equipos del área de armado 1.

AREA	NUMERO DE EQUIPOS	DESCRIPCION DEL EQUIPO	FUNCION	CONSUMO EN PLACA (Kw)	CONSUMO TOTAL	NO. DE FASES	TENSION DE TRABAJO	FP
ARMADO 1	1	MOTOR VOGES	CANTEADORA	4,5	4,5	3	220	0,85
	1	MOTOR TRIFASICO	SIERRA RADIAL DE BANCO	2,2	2,2	3	220	0,85
	2	MOTOR MONOFASICO	PULIDORA DE BANCO	2,2	2,2	1	110	0,9
	7	EQUIPOS DE MANO	TALADRO DE MANO	0,7	4,9	1	110	0,9
	5	EQUIPOS DE MANO	LIJADORA DE MANO	2,3	11,5	1	110	0,9
	2	EQUIPOS DE MANO	RUTIADORA DE MANO	1,3	2,6	1	110	0,9
	3	EQUIPOS DE MANO	PULIDORA DE MANO	2,2	6,6	1	110	0,9
	1	MOTOR CHINO	EXTRACTOR	1,8	3,8	3	220	0,85
TOTAL					38,3			

Fuente: Creada por los autores.

Tabla 3. Inventario de equipos del área de armado 2.

AREA	# EQUIPOS	DESCRIPCION DEL EQUIPO	FUNCION	CONSUMO EN PLACA (Kw)	CONSUMO TOTAL	NO. DE FASE	TENSION DE TRABAJO	FP
ARMADO 2	1	MOTOR TRIFASICO	LIJADORA DE BANDA	1,8	1,8	3	220	0,85
	3	MOTOR VOGES	RUTIADORA	4,5	13,5	3	220	0,85
	1	MOTOR TRIFASICO	PULIDORA DE BANDA	2,2	2,2	3	220	0,85
	1	MOTOR TRIFASICO	SIERRA RADIAL DE BANCO	2,2	2,2	3	220	0,85
	1	MOTOR VOGES	CANTIADORA	4,5	4,5	3	220	0,85
	1	MOTOR TRIFASICO	PULIDORA PEQUEÑA	3,8	3,8	3	220	0,85
	1	MOTOR CHINO	EXTRACTOR	1,8	1,8	3	220	0,85
	2	EQUIPOS DE MANO	TALADRO DE MANO	0,7	1,4	1	110	0,90
	4	EQUIPOS DE MANO	LIJADORA DE MANO	2,3	9,2	1	110	0,90
	1	EQUIPOS DE MANO	RUTIADORA DE MANO	1,3	1,3	1	110	0,90
	5	EQUIPOS DE MANO	PULIDORA GDE. DE MANO	2,7	13,5	1	110	0,90
	1	EQUIPOS DE MANO	PULIDORA PQ. DE MANO	2,3	2,3	1	110	0,90
TOTAL					57,5			

Fuente: Creada por los autores.

- **Pintura:** Dentro de la empresa se manejan dos procesos de pintura dependiendo de los requerimientos del producto final como son:
 - **Pintura de poliuretano:** El poliuretano es una resina con base de plástico. Unas capas de poliuretano ayudan a que el producto tenga más protección y a que la pintura dure más tiempo, aparte de que será posible limpiar utilizando líquidos. La característica más valiosa de las pinturas de poliuretano, aparte de un acabado sin fallos y brillantes, es la resistencia al agua y los químicos, incluyendo la gasolina. Antes de pasar al dar el acabado final, las piezas se pasan por esta área. En esta sección se utilizan en su mayoría herramientas manuales. Por el fácil secado de la pintura de poliuretano no es necesario secar bajo lámparas de calor.
 - **Pintura con laca:** El área de pintura y acabado constituye el último paso donde se trata la materia prima, dándole a las piezas el acabado final y pintándola con los colores deseados. Existen 11 cabinas de pintura y secado, cada cabina tiene un operario usando una pistola neumática

alimentada del compresor principal. Además cada cabina posee 8 lámparas de 250 W que producen una atmósfera con temperatura elevada para el secado del producto aplicado sobre las piezas. Se utilizan herramientas manuales y mano de obra experimentada. Inventario de equipos área de pintura.

Para el funcionamiento de los equipos que intervienen en el proceso de pintura se requiere un sistema de aire comprimido, el sistema de la empresa se encuentra compuesto por dos compresores independientes, la empresa cuenta con dos. El primero es un compresor de tornillos sin fin de 30 Hp; el segundo un compresor recíprocante de 25 Hp.

Tabla 4. Inventario de equipos del área de pintura.

AREA	NUMERO DE EQUIPOS	DESCRIPCION DEL EQUIPO	FUNCION	CONSUMO EN PLACA (Kw)	CONSUMO TOTAL	NO. DE FASES	TENSION DE TRABAJO (v)
PINTURA CABINAS 1 Y 2	8	BOMBILLOS INCANDESCENTES	BOMBILLOS DE SECADO	0,27	2,16	1	110
	2	EXTRACTORES DE TECHO	EXTRACTORES DE SECADO	0,18	0,36	1	110
	2	EXTRACTORES DE PARED	EXTRACTORES DE CABINA	0,18	0,36	3	220
	5	LUMINARIAS	BOMBILLOS AHORRADORES	0,13	0,65	1	110
	1	TOMA DE USO GENERAL	EQUIPOS DE MANO	0,2	0,2	1	110
PINTURA CABINAS 3 Y 4	8	BOMBILLOS INCANDESCENTES	BOMBILLOS DE SECADO	0,27	2,16	1	110
	2	EXTRACTORES DE TECHO	EXTRACTORES DE SECADO	0,18	0,36	1	110
	2	EXTRACTORES DE PARED	EXTRACTORES DE CABINA	0,18	0,36	3	220
	5	LUMINARIAS	BOMBILLOS AHORRADORES	0,13	0,65	1	110
	1	TOMA DE USO GENERAL	EQUIPOS DE MANO	0,2	0,2	1	110
PINTURA CABINAS 5 Y 6	8	BOMBILLOS INCANDESCENTES	BOMBILLOS DE SECADO	0,25	2	1	110
	2	EXTRACTORES DE TECHO	EXTRACTORES DE SECADO	0,18	0,36	1	110
	2	EXTRACTORES DE PARED	EXTRACTORES DE CABINA	0,18	0,36	3	220
	2	LUMINARIAS	LAMPARAS FLUORESCENTES	2*0.075	0,3	1	110
	2	LUMINARIAS	LAMPARAS FLUORESCENTES	2*0.048	0,192	1	110
	1	TOMA DE USO GENERAL	EQUIPOS DE MANO	0,2	0,2	1	110
PINTURA CABINAS 7 Y 8	8	BOMBILLOS INCANDESCENTES	BOMBILLOS DE SECADO	0,27	2,16	1	110
	2	EXTRACTORES DE TECHO	EXTRACTORES DE SECADO	0,18	0,36	1	110
	2	EXTRACTORES DE PARED	EXTRACTORES DE CABINA	0,18	0,36	3	220
	5	LUMINARIAS	BOMBILLOS AHORRADORES	0,13	0,65	1	110
	1	TOMA DE USO GENERAL	EQUIPOS DE MANO	0,2	0,2	1	110
PINTURA CABINAS 9 Y 10	8	BOMBILLOS INCANDESCENTES	BOMBILLOS DE SECADO	0,27	2,16	1	110
	2	EXTRACTORES DE TECHO	EXTRACTORES DE SECADO	0,18	0,36	1	110
	2	EXTRACTORES DE PARED	EXTRACTORES DE CABINA	0,18	0,36	3	220
	5	LUMINARIAS	BOMBILLOS AHORRADORES	0,13	0,65	1	110
	1	TOMA DE USO GENERAL	EQUIPOS DE MANO	0,2	0,2	1	110
PINTURA CABINA 11 (GRANDE)	12	BOMBILLOS INCANDESCENTES	BOMBILLOS DE SECADO	0,27	3,24	1	110
	2	EXTRACTORES DE TECHO	EXTRACTORES DE SECADO	0,18	0,36	1	110
	4	EXTRACTORES DE PARED	EXTRACTORES DE CABINA	0,18	0,72	3	220
	5	LUMINARIAS	BOMBILLOS AHORRADORES	0,045	0,225	1	110
	2	LUMINARIAS	LAMPARAS FLUORESCENTES	2*0.075	0,3	1	110
	1	TOMA DE USO GENERAL	EQUIPOS DE MANO	0,2	0,2	1	110
PASILLO CABINAS	10	LUMINARIAS	BOMBILLOS AHORRADORES	0,13	1,3	1	110
	6	TOMA DE USO GENERAL	EQUIPOS DE MANO	0,2	1,2	1	110
COMPRESORES	1	COMPRESOR DE PISTONES	COMPRESOR AUXILIAR	15	15	3	220
	1	MOTOR VOGES	COMPRESOR PRINCIPAL	30	30	3	220
	1	MOTOR VOGES	VENTILADOR DE COMPRESOR	0,45	0,45	3	220
TOTAL					71,33		

Fuente: Creada por los autores.

Despacho y transporte: Último eslabón del proceso productivo de la empresa, en esa sección trabajan operarios empacando las piezas para su disposición final. Además se encuentran inspectores de calidad de la empresa JAMAR, que velan por el cumplimiento de los estándares de calidad. Se utilizan herramientas manuales e iluminación común.

Oficinas: Es el área de la empresa donde se realizan las labores de dirección y contabilidad. Existen cargas de iluminación y equipos de cómputo.

Tabla 5. Inventario de equipos del área de oficinas.

AREA	NUMERO DE EQUIPOS	DESCRIPCION DEL EQUIPO	FUNCION	CONSUMO EN PLACA (Kw)	CONSUMO TOTAL	NO. DE FASES	TENSION DE TRABAJO (v)
OFICINA	12	Tomas	Alimentacion de equipos	0,2	0,24	1	110
	12	Lampara 2*40	Iluminacion general	0,8	0,96	1	110
	1	Aire acond. 24000BTU	Acondicionamiento de aire	2,6	2,6	3	220
	6	Computador de mesa	Equipos de computo	0,05	0,3	1	110
TOTALES					4,1		

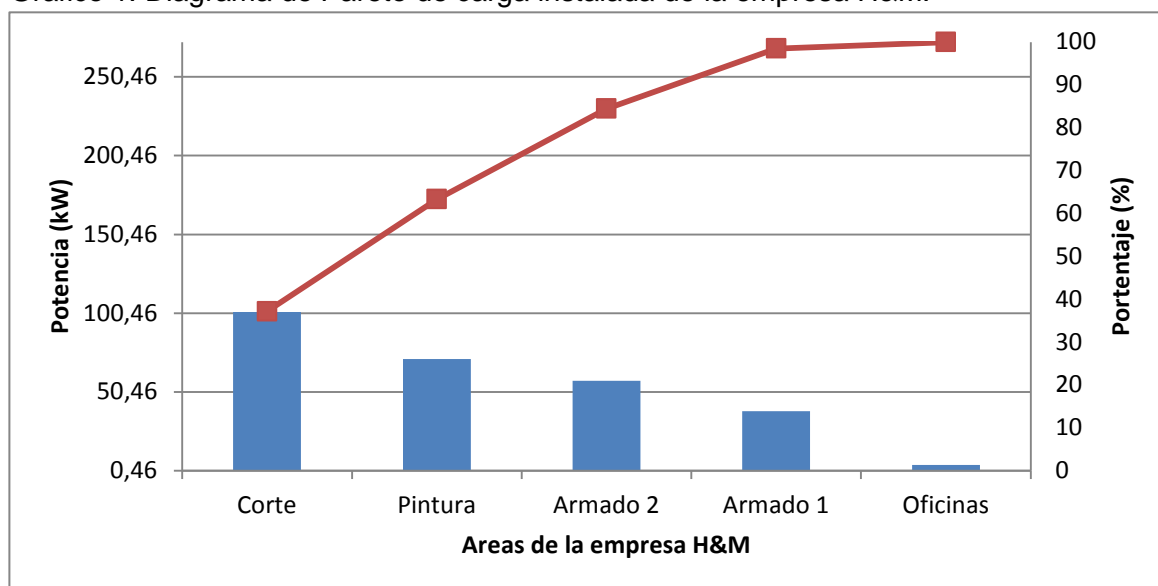
Fuente: Creada por los autores.

6.3. IDENTIFICACIÓN DE POTENCIA INSTALADA POR ÁREAS

Los equipos están divididos por el área al cual corresponden, y en el diagrama de Pareto se dan los valores totales y el porcentaje de cada área respecto a la capacidad instalada total.

El siguiente diagrama de Pareto permite determinar al área de corte como la sección de la empresa que posee mayor capacidad en potencia instalada.

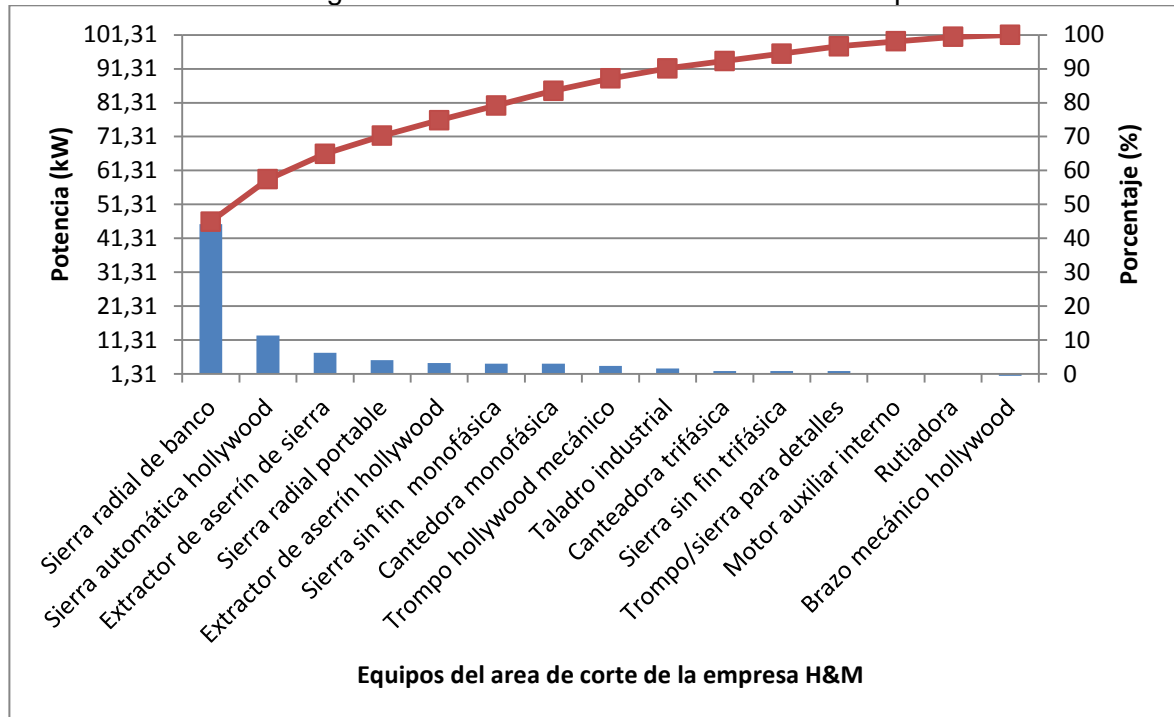
Grafico 1. Diagrama de Pareto de carga instalada de la empresa H&M.



Fuente: creada por los autores.

El área escogida para este estudio es la de corte, lugar donde se encargan de procesar la madera y darle las magnitudes deseadas. Dicha área constituye el 37,17% de la capacidad instalada de la empresa. Además sobre esta área se realiza un Pareto, para identificar el tipo de maquinaria que mayor potencia instalada representa y que más se repite.

Grafica 2. Diagrama de Pareto del área de corte de la empresa H&M.



Fuente: creada por los autores.

En este diagrama no se consideran las cargas significativas, ya que tendrán un tratamiento aparte de las presentes consideraciones.

Para el análisis de las variables presentes en cualquier proceso, se deben analizar muchos factores tanto de producción, como organización, tiempos, tipo entre otros.

Por lo tanto para cimentar teóricamente el presente proyecto, en el marco teórico se encuentra la teoría de distribución de planta de Edward Muther. Para efectos de la investigación, se parte de un enfoque industrial, de distribución de planta, y se traslada al enfoque energético.

Dicho ejercicio se hace para justificar las variables a estudiar, ya que no es razonable determinarlas al azar, o sin realizar un diseño de experimento. Por lo tanto se toma como base fundamental, los conceptos de distribución en planta, sin

profundizar en el tema ya que anteriormente en la misma empresa se hizo estudio del proceso completo y se determinó como tal un diagrama energético productivo. Es preciso realizar un análisis del sistema eléctrico de la organización objeto de estudio debido a que mediante la información obtenida en visitas e inspecciones es evidente la necesidad de adoptar posturas y tomar medidas encaminadas a la optimización de las instalaciones eléctricas, antes de establecer medidas encaminadas a la eficiencia energéticas por áreas. Por lo tanto en este proyecto se realiza un análisis descriptivo y mejoramiento del sistema eléctrico de la empresa, con el fin de identificar las opciones de mejoramiento y realizar especial observación en el comportamiento de maquinaria en el área que posee mayor potencia instalada.

6.4 METODOLOGIA

El método supone un trabajo de campo, experimental. La investigación experimental se presenta mediante la manipulación de una variable independiente no comprobada, en condiciones controladas según el propósito del autor, con el fin de describir y observar su efecto en otra variable.⁷

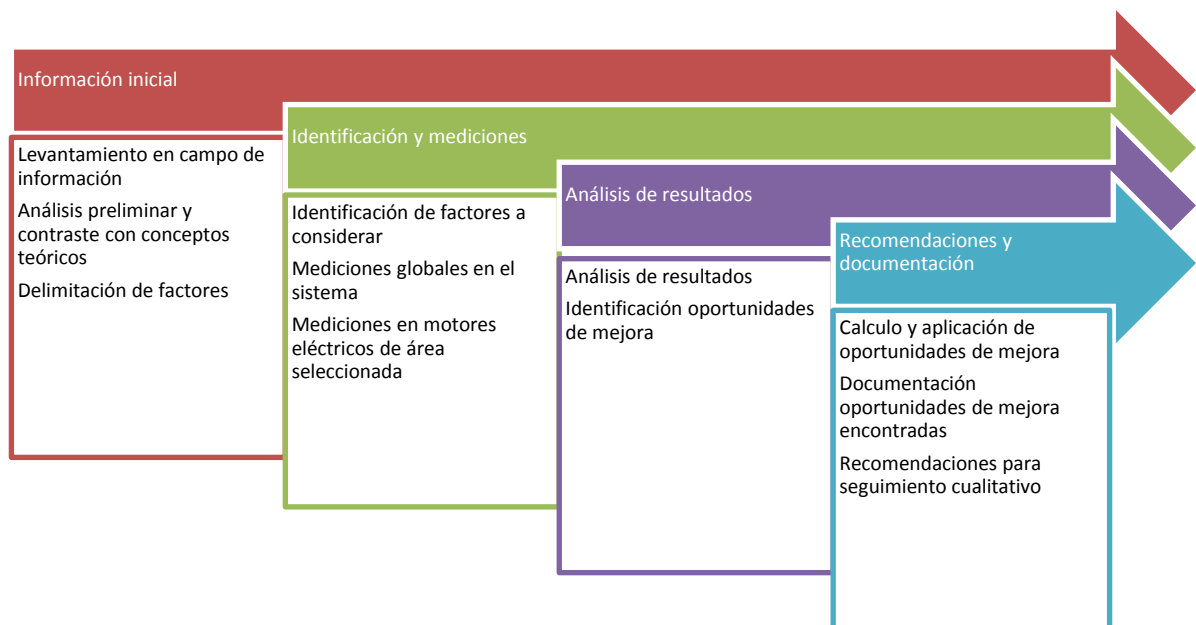


Diagrama 1. Metodológico del proyecto.

El proyecto, es llevado a cabo en 4 etapas, las cuales se resumen en el diagrama anterior. Las etapas son delimitadas según las actividades y tipo de estas.

⁷ ROBERTO SAMPIERI & COAUTORES (1998) Metodología de la Investigación (2ª edición). México. Editorial Mc.GrawHill

Etapa 1 información inicial.

Es la primera etapa del proyecto, donde se realiza levantamiento en campo de información de la empresa, y además se soporta con conceptos teóricos. Es aquí donde se delimita y define cuales son los factores a tomar en cuenta para el desarrollo de la investigación. Conjuntamente se realiza un análisis preliminar para definir un área a estudiar y se define el método de medida de los factores o variables.

Etapa 2 identificación y mediciones.

Posterior a la definición de los factores a tener en cuenta en la investigación, se realizan mediciones con el analizador de redes de forma global en todo el sistema para conocer el estado de las variables eléctricas y las potenciales oportunidades de mejora, basados en la identificación de situaciones críticas y planteando la solución de una forma viable técnico- económica.

Además se toman de muestra dos motores de diferentes marcas, debido a la disponibilidad de realizar los ensayos en ellos, y se instala el analizador de redes para la medición de la variable de mayor incidencia en el consumo energético y se comparan los resultados.

Etapa 3. Análisis de resultados y posibles oportunidades de mejora

A partir de las mediciones globales se identifican situaciones desfavorables en el correcto funcionamiento del sistema eléctrico de la empresa, y que por lo tanto afectan el desempeño energético. Por otro lado se analizan comparativamente los resultados de las mediciones, se estudian similitudes y se deja abierto para consiguientes conclusiones.

Etapa 4. Recomendaciones, documentación y sugerencias para seguimiento cualitativo.

La etapa final de proyecto, donde se proponen opciones de mejora mediante cálculos ingenieriles y conclusiones de las mediciones del analizador de redes, y se documenta el cambio tecnológico producto de las recomendaciones de la investigación y que se consideraron imperativas. Además se dejan cálculos y sugerencias para futuras modificaciones en el sistema eléctrico, que favorezcan el desempeño energético.

6.4.1 Herramientas para el desarrollo del proyecto.

El método supone un trabajo de campo, experimental, donde juega un papel importante la observación crítica por parte de los investigadores.

El método de campo supone el estudio en el lugar donde ocurren los hechos, donde en primer lugar se delimita el plan de investigación, luego se recopila, edita, se analiza con el fin de demostrar resultados obtenidos.

En primera instancia, se realiza un censo de equipos, descripción de funcionamiento del proceso productivo y sus correspondientes áreas, con el fin de realizar un estudio diagnóstico y así encontrar oportunidades de mejoramiento para el Sistema Eléctrico de la empresa productora de Muebles H&M.

Las herramientas estadísticas utilizadas, tales como tablas, gráficos y cálculo de medidas descriptivas se resumen en el término **Estadística Descriptiva**, puesto que ellas esencialmente permiten describir, presentar y resumir información que ha sido recolectada mediante inspecciones y visitas a la empresa objeto de estudio.⁸

Los métodos de la Estadística Descriptiva o Análisis Exploratorio de Datos ayudan a presentar los datos de modo tal que sobresalga su estructura. Hay varias formas simples e interesantes de organizar los datos en gráficos que permiten detectar tanto las características sobresalientes como las características inesperadas. El otro modo de describir los datos es resumirlos en uno o dos números que pretenden caracterizar el conjunto con la menor distorsión o pérdida de información posible.

- **Censo de equipos:** Para la realización del censo de carga, se utilizó como herramienta de recopilación de información las visitas a campo, ya que no existía base de datos alguna de los equipos presentes en el sistema eléctrico. Se observa la placa de características de cada equipo y su estado mediante la inspección visual. Posteriormente se plasma esa información en tablas.

Además, intrínseco en el censo de carga, se realiza observaciones críticas a situaciones funcionales en el sistema eléctrico de la empresa, y se plantean posibles oportunidades de mejora.

- **Gráfico de barras:** Este gráfico es útil para representar datos categóricos nominales u ordinales. A cada categoría o clase de la variable se le asocia una barra cuya altura representa la frecuencia o la frecuencia relativa de esa clase. Las barras difieren sólo en altura, no en ancho.

⁸ Atenea Alonso Serrano, Lorena García Sanz. Métodos de investigación en Educación Especial. UAM.2009.

La escala en el eje horizontal es arbitraria y en general, las barras se dibujan equiespaciadas, por esta razón este tipo de gráfico sólo debe usarse para variables categóricas.

Es importante que el eje vertical comience en cero, de modo que no se exageren diferencias entre clases.

En un gráfico de barras, así como en cualquier tipo de gráfico se debe indicar el número total de datos ya que el gráfico sólo muestra porcentajes o frecuencias relativas y la fuente⁹.

- **Diagrama de Pareto:** El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor a Vilfredo Pareto (1848-1923) quien realizó estudios sobre la distribución de la riqueza, en el cual determinó que una minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza.

Es un método gráfico de análisis que permite distinguir de las causas de un problema, las que son más importantes de las más triviales. De esta forma todos los esfuerzos podrán concentrarse en las causas que tendrán mayor representatividad una vez que se hayan resuelto, además de dar una visión rápida de la importancia relativa de los problemas.

Las características principales que ayudan a comprender la naturaleza de esta herramienta son:

- Priorización: Identifica los elementos de mayor importancia o relevancia dentro de un conjunto de características analizadas.
- Unificación: Permite visualizar y enfocar a los tomadores de decisiones hacia un objetivo común.
- Objetividad: Permite que los decisores tomen medidas basadas en los hechos o datos y no en apreciaciones subjetivas.
- Simplicidad: No requieren cálculos complejos ni técnicas sofisticadas de representación gráfica.
- Impacto visual: Informa de forma clara, evidente y rápida el resultado de comparación y priorización.¹⁰

⁹ Liliana Orellana, Estadística descriptiva, Marzo 2001.

¹⁰ <<http://mps1.minproteccionsocial.gov.co/evtmedica/linea%204/2.3diagrama.html>> [consulta en línea 8 de Agosto de 2014], Ministerio de protección.

Metodología para la elaboración del diagrama de Pareto: Procedimientos para elaborar el diagrama de Pareto: como en toda herramienta de análisis de datos una vez se ha definido la situación a estudiar es:

- Diseñar una tabla para conteo o verificación de datos, en el que se registren los datos y sus totales.
- Recoger los datos validos o asegurarse de que los excitantes lo son y efectuar el cálculo de totales.
- Elaborar una tabla de datos para el diagrama de Pareto con la lista de los factores o elementos que contribuyen a dicho efectos (tipos de falla, factores, causas repetitivas, pasos del proceso, tipos de problemas etc), los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados.
- Jerarquizar los ítems por orden de cantidad llenando la tabla respectiva.
- Dibujar los dos ejes, el verticales el horizontal.
- Construir un gráfico de barras en base a las cantidades y porcentajes de cada ítem.
- Dibujar la curva acumulada. la cual resulta de la columna de frecuencias acumuladas que se hace en las tablas de frecuencias del histograma. Para esto se marcan los valores acumulados en la parte superior, al lado derecho de los intervalos de cada ítem, y finalmente una los puntos con una línea continua.
- Escribir la información necesaria sobre el diagrama para identificar lo que se quiere mostrar.

Con la elaboración del diagrama de Pareto de la información obtenida por el censo de equipos, se delimita el lugar de estudio de las variables eléctricas hacia el área de corte y posteriormente se enfoca en la sierra radial de banco.

- **Mediciones estratégicas:** En el desarrollo del proyecto, se identifican situaciones funcionales que no cumplen con parámetros básicos de operación; caída de tensión en el sistema eléctrico, fugas en sistemas de aire comprimido, bajo factor de potencia, falta de un plan de mantenimiento, carecimiento de planos, cuadros de carga y desequilibrio de corrientes.
Por lo tanto se realizan mediciones estratégicas mediante el uso de dispositivos de medición directa, tal como el analizador de redes y pinza voltiamperimétricas.

Con mediciones, análisis de datos y comparaciones con estándares se describe el estado de funcionalidad y se identifican oportunidades de mejora.

Las categorías de una variable cualitativa deben ser definidas claramente durante la etapa de diseño de la investigación y deben ser mutuamente excluyentes y exhaustivas. Esto significa que cada unidad de observación debe ser clasificada sin ambigüedad en una y solo una de las categorías posibles y que existe una categoría para clasificar a todo individuo.

En este sentido, es importante contemplar todas las posibilidades cuando se construyen variables categóricas, en el caso de la presente investigación, se toman para el análisis variables dicotómicas o binarias, y se comparan con la norma, es decir para el estudio diagnóstico se determina si cumple o no cumple con los requerimientos de la norma referente. Dicha comparación se realiza conjuntamente cuando se describen las mediciones.

Este método se utiliza para el estudio de posibilidades de mejora de caída de tensión, desequilibrio de cargas, factor de potencia.¹¹

- **Mediciones de variables eléctricas en el área de corte:** Para la selección de las mediciones realizadas, y seguimiento a la variable independiente se utilizaron herramientas de la **estadística inferencial**, ya que las mediciones se realizaron de forma parcial, tomando muestras (mediciones) en ciertos individuos (motores) que lo facilitaban por su rápido acceso, e infiriendo que los demás tienen el mismo comportamiento; con esto se generaliza la información. “La inferencia estadística es una técnica mediante la cual se obtienen generalizaciones o se toman decisiones en base a una información parcial o completa obtenida mediante técnicas descriptivas”¹²

Los métodos de la inferencia nos permiten proponer el valor de una cantidad desconocida (Estimación) o decidir entre dos teorías contrapuestas cuál de ellas explica mejor los datos observados (test de hipótesis).

“Sin embargo las técnicas de la Estadística Descriptiva no permiten responder interrogantes que pueden surgir cuando no se dispone de la información sobre todos los individuos de la población (en este caso la población hace referencia a

¹¹ Liliana Orellana, Estadística descriptiva, Marzo 2001.

¹² Hugo García Mancilla, Juan Matus Parra, Antecedentes históricos de la estadística y sus funciones. Fascículo 1. Ed. COLEGIO DE BACHILLERES. Mexico. 2010.

los motores) de interés sino sólo de una parte de ella, es decir, que los datos provienen de una muestra de individuos de la población bajo estudio.”¹³

Por otro lado, las mediciones en los motores se analizan y se comparan, con el fin de otorgar opciones de seguimiento cualitativo de la variable de mayor incidencia (corriente) y del consumo energético en el proceso de corte lineal de un metro de madera.

Este método de mediciones en motores no pretende representar la obtención de un indicador de desempeño energético, ya que para alcanzar dicho objetivo es necesario garantizar las condiciones de operación de los motores a ser analizados, sin embargo, se puede obtener posibilidades para un seguimiento cualitativo de la variable corriente, mediante un estudio diagnóstico y criterio por parte de los investigadores.

La metodología de la investigación del presente proyecto tiene como finalidad demostrar resultados acertados y puntuales, identificar las mejores oportunidades de mejora, ofrecer opciones de seguimiento mediante el uso de herramientas descriptivas y cualitativas,

6.5 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO PARA LA EMPRESA

6.5.1 Metodología de mediciones y selección de variables

Las mediciones serán realizadas con el analizador de redes Arrow Dranetz 4400 propiedad de la universidad de la Costa. Tendrán la siguiente secuencia:

- Mediciones globales en todo el sistema eléctrico.
- Análisis de resultados y selección de variables a analizar.
- Medición motor sierra de banco en el área de corte, para el procesado de un metro lineal de corte.
- Opciones de mejoramiento en el sistema eléctrico de la empresa basado en las mediciones e inspecciones.
- Recomendaciones y sugerencias para el seguimiento cualitativo de la variable de mayor incidencia en el consumo energético.

6.5.2 MEDICIONES GLOBALES DEL SISTEMA ELÉCTRICO

¹³ Hugo García Mancilla, Juan Matus Parra, Antecedentes históricos de la estadística y sus funciones. Fascículo 1. Ed. COLEGIO DE BACHILLERES. Mexico. 2010.

De forma global, se instaló el analizador de redes en la subestación de la empresa productora de muebles, para conocer el comportamiento del sistema eléctrico de potencia, y descartar situaciones tal y como la presencia de armónicos. La NTC 5000, norma que entro en vigencia el 20 de mayo de 2013, ratificada por el concejo directivo del Icontec, recomienda que un estudio de análisis de calidad de la potencia eléctrica se debe instalar por 7 días, pero para efectos del presente proyecto, solo se busca descartar la presencia de armónicos, y no está dentro de los alcances del mismo corregir situaciones de calidad de la energía en caso de que se presenten.

6.5.2.1 Análisis de Resultados

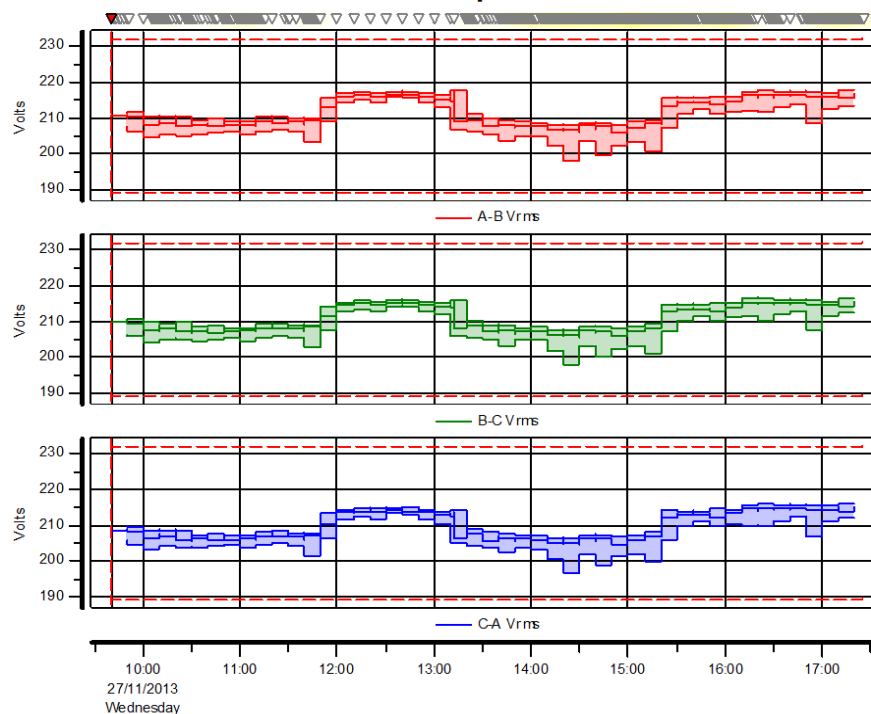
Tensiones rms: En el estado estacionario, la Resolución CREG 024 de 2005 establece: “las tensiones en estado estacionario a 60 Hz no podrán ser inferiores al 90% de la tensión nominal ni ser superiores al 110% de ésta durante un período superior a un minuto”. Se presentaron eventos donde las tensiones mínimas y máxima superaron el límite superior establecido por dicha resolución del $\pm 10\%$ (200 V – 240V), respecto a la tensión nominal de 220V (Tensión de línea). (Gráfico 3). Lo cual nos indica que existe problemas de caída de tensión, tal y como se había detectado y mencionado previamente en el proyecto.

En la regulación colombiana no se establece el límite del desequilibrio de tensión, para efectos comparativos se utiliza la norma europea EN 50160, que sugiere que el desequilibrio de tensión no debe ser superior al 2%. No se presentó evento donde el desequilibrio de tensión superara este límite, el máximo registrado fue de 0,802. (Gráfico 4).

Gráfico 3. Tensiones Rms promedio.

Dran-View 6.5.00 HASP : 1719377423 (667B9EDFh)

Timeplot



Event #1 at 27/11/2013 09:39:59,799
Timed

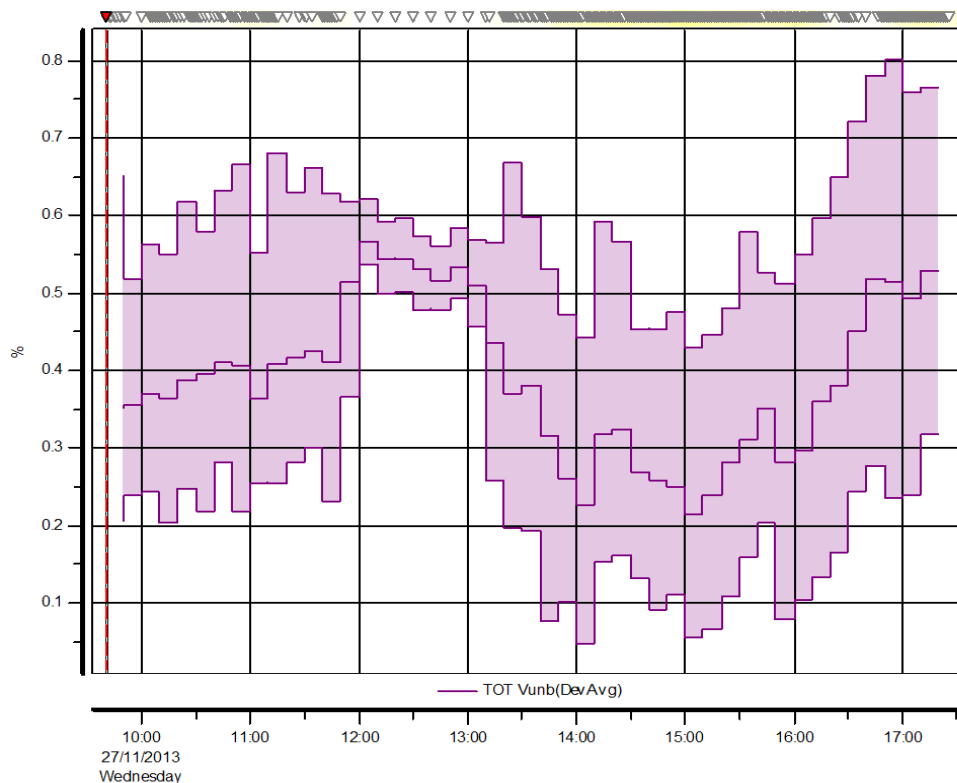
	Min	Max	Avg
A-BVrms	197.9	217.8	211.4
B-CVrms	198.0	216.5	210.6
C-AVrms	196.4	216.0	209.5

Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400.

Gráfico 4. Desequilibrio de tensión.

Dran-View 6.5.00 HASP: 1719377423 (667B9EDFh)

Timeplot



Event #1 at 27/11/2013 09:39:59,799

Timed

	Min	Max	Avg
TOTVunb(Dev Avg)	0.04687	0.8020	0.3873

Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400.

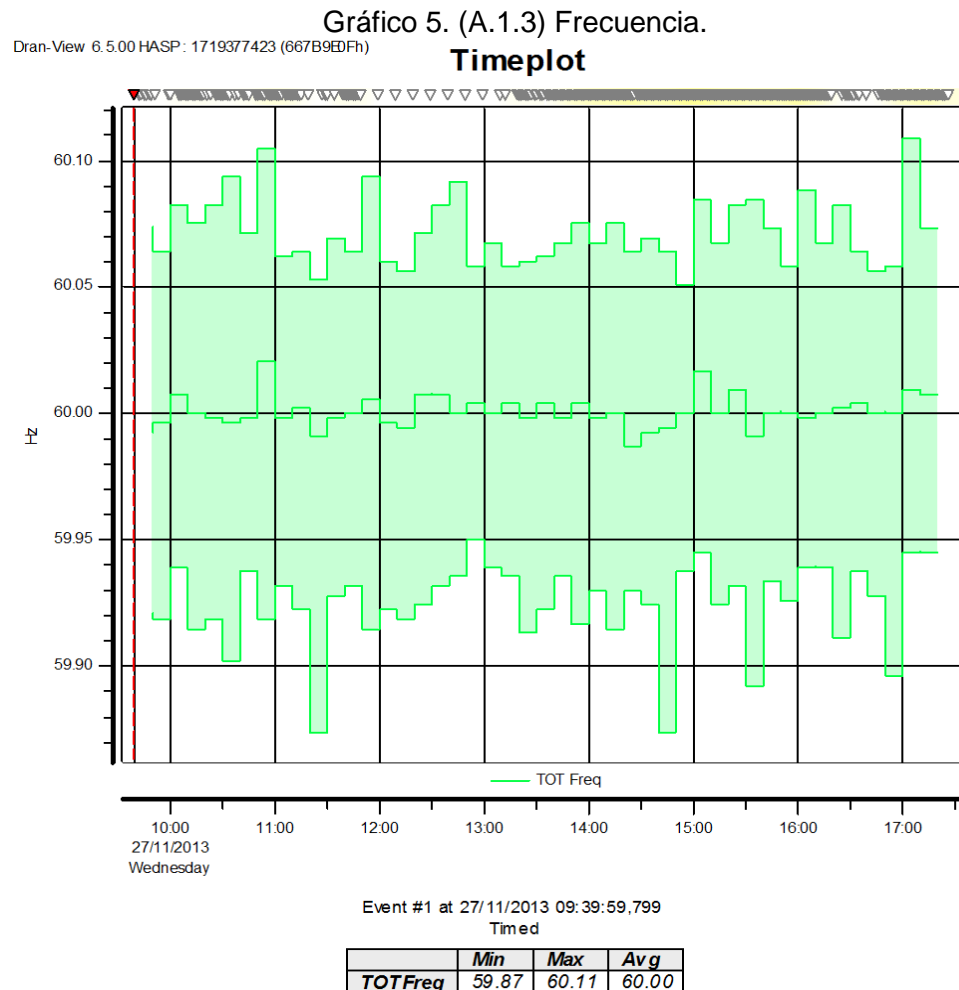
Frecuencia: La norma NTC-1340 establece que la frecuencia nominal de la tensión suministrada debe ser 60 Hz. Y, en condiciones normales de suministro, el valor medio de la frecuencia fundamental medida durante 10 s en redes acopladas por enlaces síncronos a un sistema interconectado, debe cumplir:

- Frecuencia aceptable durante el 95% de una semana: $59,8 < f \text{ (Hz)} < 60,2$.
- Frecuencia aceptable durante el 100% de una semana: $57,5 < f \text{ (Hz)} < 63$.

Referente a las magnitudes medidas de frecuencia se tienen las siguientes observaciones:

- El mínimo valor de la frecuencia registrado fue de 59,87 Hz.
- El máximo valor de la frecuencia registrado fue de 60,11 Hz. (Gráfico 5)

No existen problemas por baja o alta frecuencia, ya que se encuentra dentro de los valores establecidos por la norma.



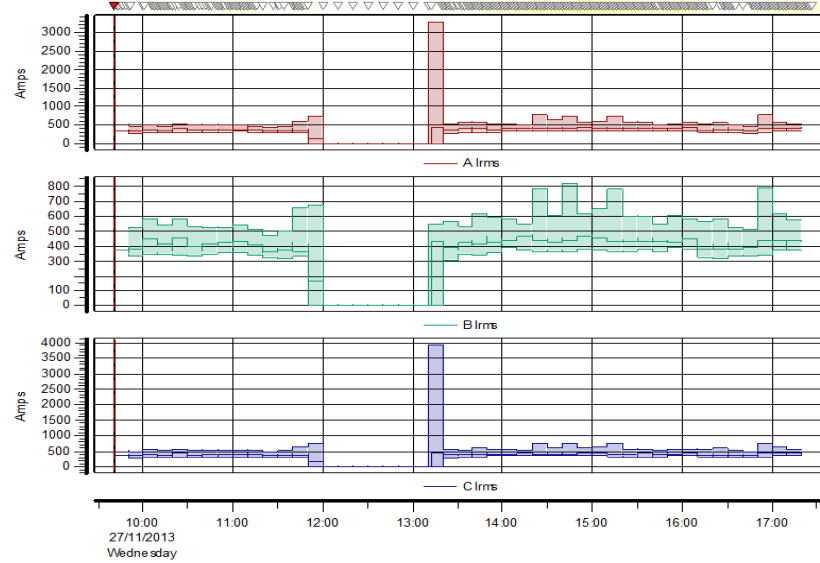
Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400.

Corrientes rms: Las magnitudes de corriente máxima registradas fueron de 3270 A, 820,6 A y 3910 A, para las fases L1, L2 y L3 respectivamente. (Gráfico 6)
El máximo desequilibrio de corriente registrado fue de 88,33%, ubicándose muy por encima del límite recomendado por el Std. IEEE 446 de 1995 del 20%, lo que nos indica que existe un grave problema de desbalance de corriente (Gráfico 7).

Gráfico 6. Corrientes rms promedio.

Dran-View 6.5.00 HASP: 1719377423 (667B9BFBh)

Timeplot



Event #1 at 27/11/2013 09:39:59,799
Timed

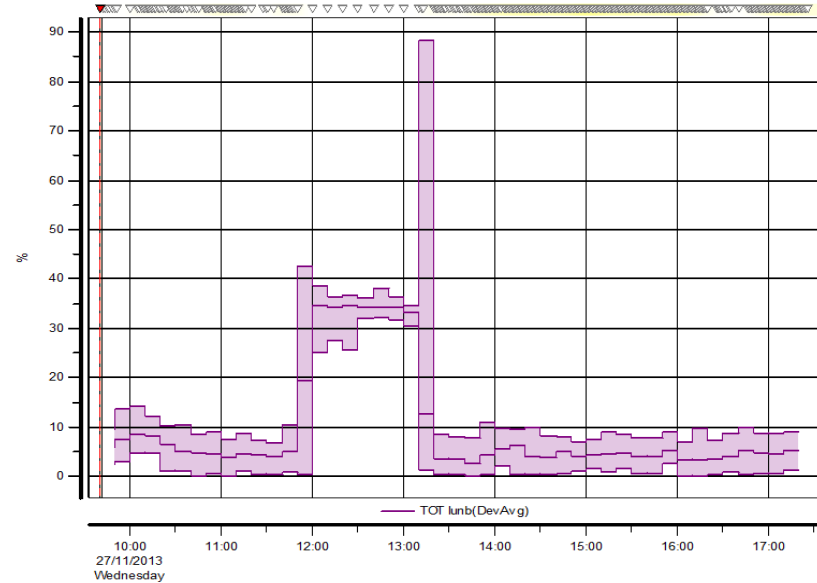
	Min	Max	Avg
A Irms	1.348	3270	317.8
B Irms	1.330	820.6	343.7
C Irms	1.045	3910	331.5

Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400

Gráfico 7. Desequilibrio de Corrientes.

Dran-View 6.5.00 HASP: 1719377423 (667B9BFBh)

Timeplot



Event #1 at 27/11/2013 09:39:59,799
Timed

	Min	Max	Avg
TOT Iunb(DevAvg)	0.04814	88.33	9.825

Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400.

Potencias:

La máxima potencia activa total registrada durante el período de medición fue de 191,3 kW. (Gráfico 8)

La máxima potencia reactiva inductiva total registrada durante el período de medición fue de kVAR. (Gráfico 9).

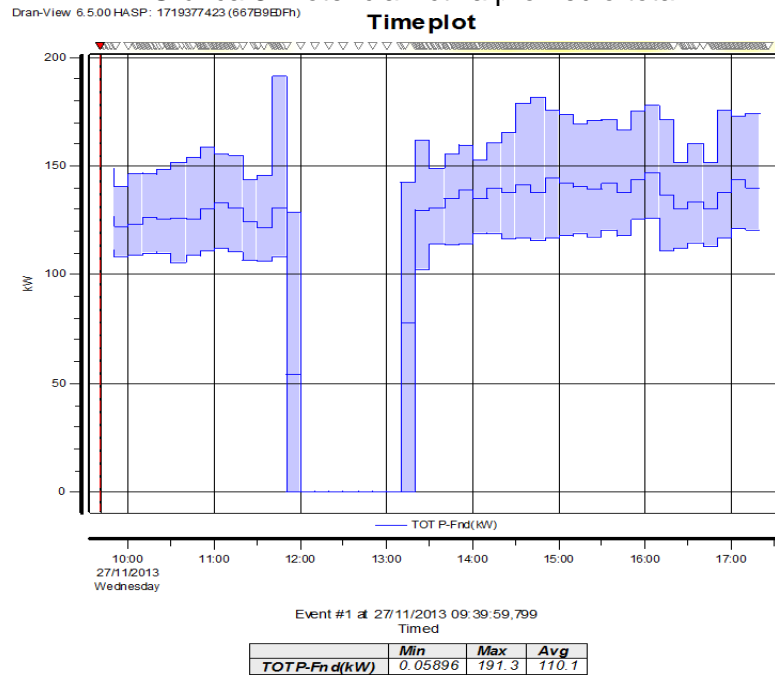
La máxima potencia aparente total registrada durante el período de medición fue de 504 kVA. (Gráfico 10)

Respecto al factor de potencia, se tienen las siguientes anotaciones:

- El máximo factor de potencia inductivo total registrado fue de 0,9951.
- En promedio durante el periodo de medición el factor de potencia fue de 0,8823 se encuentra por debajo del límite establecido por la resolución CREG 108 de 1997 (Gráfico 11)

En el gráfico 11 se puede analizar que existe un banco de condensadores fijo, el cual al momento de que sale de operación la carga inductiva por receso de la jornada laboral, sigue aportando reactiva al sistema tornando el factor de potencia negativo. Además se observa que el banco de condensadores no está dimensionado para la carga inductiva total, ya que el promedio de factor de potencia no cumple con lo establecido por la resolución CREG 108 de 1997.

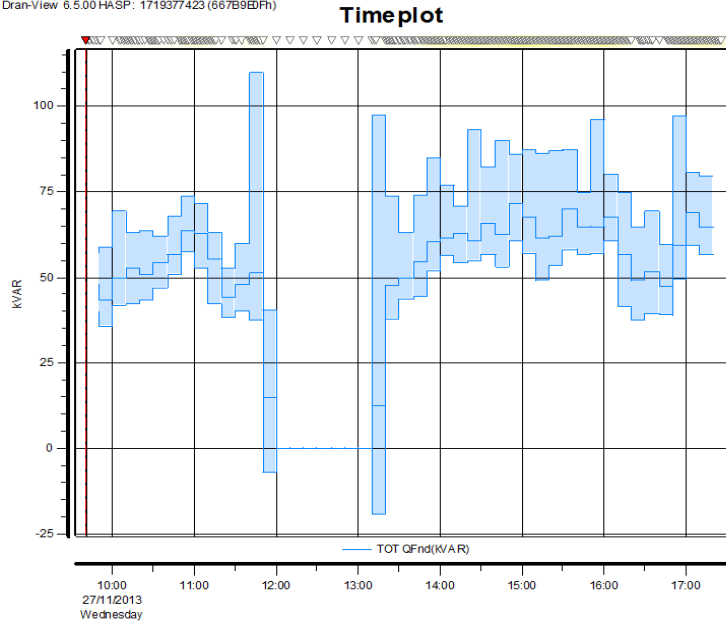
Gráfica 8. Potencia Activa promedio total.



Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400.

Gráfico 9. Potencia Reactiva promedio total.

Dran-View 6.5.00 HASP: 1719377423 (667B9EDFh)



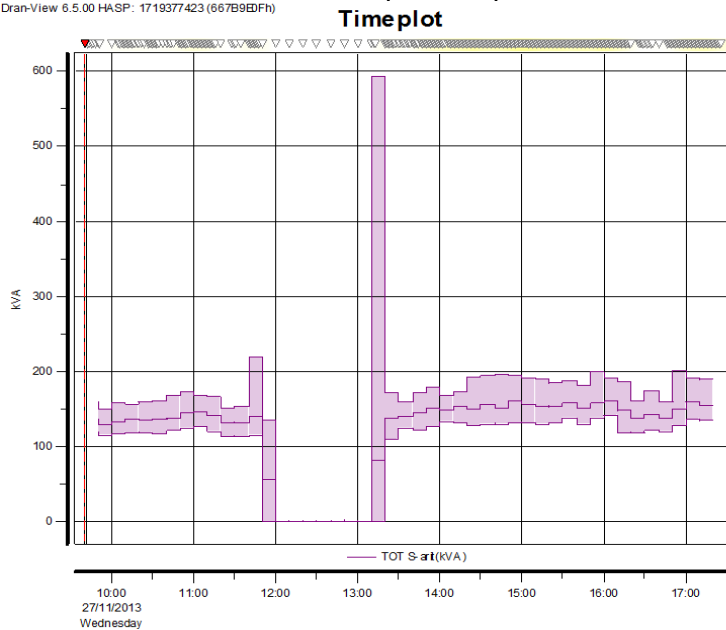
Event #1 at 27/11/2013 09:39:59,799
Timed

	Min	Max	Avg
TOT QFnd(kVAR)	-19.27	109.9	46.58

Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400.

Gráfico 10. Potencia Aparente promedio total.

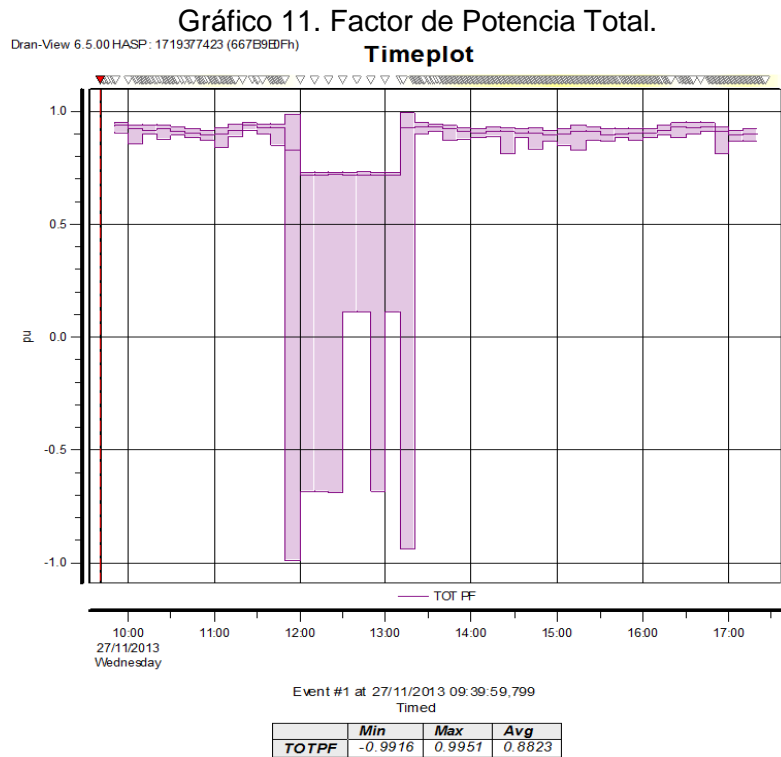
Dran-View 6.5.00 HASP: 1719377423 (667B9EDFh)



Event #1 at 27/11/2013 09:39:59,799
Timed

	Min	Max	Avg
TOTS-ait(kVA)	0.6019	594.0	120.2

Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400.

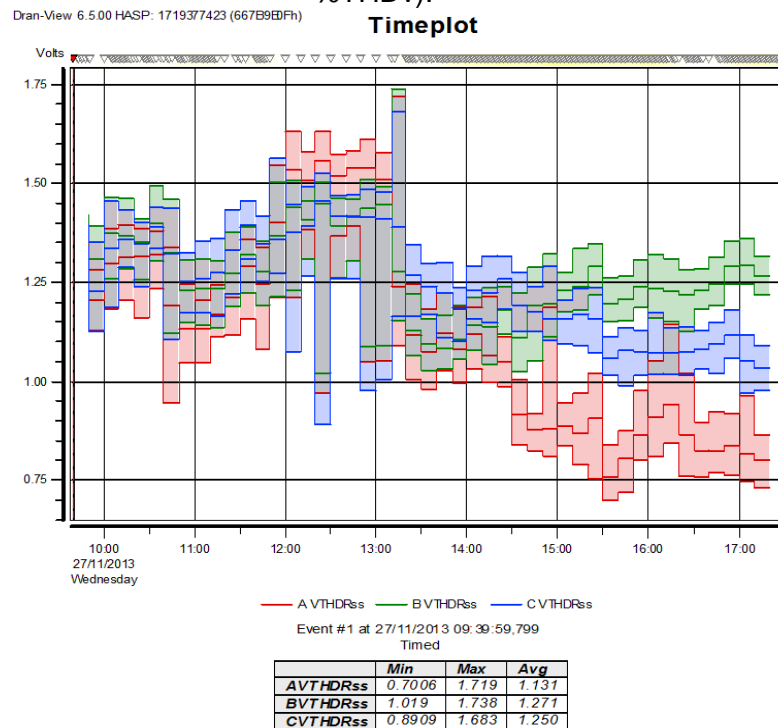


Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400.

Armónicos de tensión: La norma IEEE establece los límites de distorsión armónica de tensión enfocada al PCC (Punto de acoplamiento común) con la interfaz subestación alimentadora-consumidor individual. Sin embargo, determina que dentro de una planta industrial, el PCC puede ser el punto entre la carga no lineal y las otras cargas, es decir, la barra principal para efectos comparativos, se utiliza los límites establecidos por la norma.

El máximo porcentaje de distorsión armónica total de tensión (%THDv) se presentó en la línea L3, con un valor de 1,738%, y está en el límite establecido por el Std. IEEE-519 de 1992, del 5%. (Gráfico 12)

Gráfico 12. Distorsión Armónica Individual de Tensión %Vn (de la fase con mayor %THDv).



Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400.

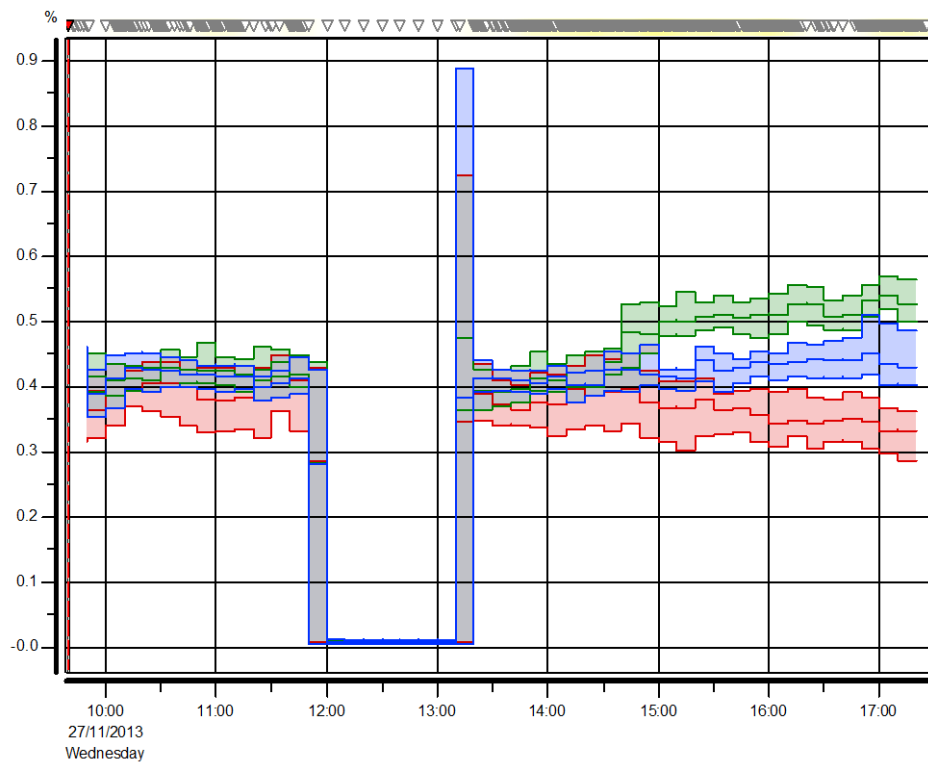
Armónicos de corriente: La norma IEEE establece los límites de distorsión armónica de corriente enfocada al PCC (Punto de acoplamiento común) con la interfaz subestación alimentadora-consumidor individual. I. No obstante, para este caso particular no se realiza comparación con la norma debido a que no se tiene la corriente de cortocircuito visto desde el secundario del Transformador.

- El máximo porcentaje de distorsión armónica total de demanda de corriente (%TDD), se presentó en la línea L3, con un valor de 0,882 %. (Gráfico 13)

Gráfico 13. Distorsión de demanda total de Corriente, %TDDi.

Dran-View 6.5.00 HASP: 1719377423 (667B9EDFh)

Timeplot



— A TDD — B TDD — C TDD

Event #1 at 27/11/2013 09:39:59,799

Timed

	Min	Max	Avg
ATDD	0.007457	0.7251	0.3163
BTDD	0.006078	0.5693	0.3806
CTDD	0.006240	0.8882	0.3533

Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400.

El máximo valor de distorsión de corriente armónica individual es de 0,72%%, estando en un valor muy bajo. En este sentido no se puede decir cuál es el límite, debido a que no se conoce la corriente de corto circuito del punto de conexión, pero aun así el valor de distorsión armónica se encuentra por debajo del menor valor establecido por la norma IEEE 519.

Tabla 6. Valores límite de distorsión armónica.

Valores límite de distorsión de corriente armónica individual (Di) y de distorsión total de demanda (TDD) en porcentaje de la corriente de carga (IL) (Armónicos Impares)						
Límites de distorsión en la corriente para sistemas de distribución 120 V < Vn ≤ 69 kV						
I_{SC}/I_L	< 11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20*	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20<50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50<100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100<1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
>1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Fuente: IEEE 519.

En donde I_{SC} es la corriente de corto circuito.

Por lo tanto se descartan la presencia de armónicos en el sistema.

El análisis de las variables que inciden en la eficiencia energética del área de corte se hace necesario debido a que se convierte en una herramienta para llevar a cabo el análisis del comportamiento energético basado en respuestas del proceso, ya que se toma la medición de la ejecución de un acto común y obligatorio en el desarrollo del proceso. Se toma como referencia un listón de un metro de longitud, que posee las otras medidas de grosor y ancho.

Con este ejercicio se puede determinar el comportamiento de la corriente y el consumo energético, además de establecer como referencia los resultados para seguimiento y control.

6.6 ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO EN EL ÁREA SELECCIONADA

6.6.1. Variables presentes en el estudio diagnóstico.

Tabla 7. Variables presentes del estudio diagnóstico.

VARIABLES PRESENTES EN EL ESTUDIO DIAGNOSTICO.	
FACTOR MATERIA PRIMA	Existe un único proveedor lo que minimiza la variabilidad.
FACTOR MAQUINARIA	Se escoge la máquina que más repite en el área de corte.
FACTOR HOMBRE	Se escoge un operario con buenas prácticas de manufactura.
FACTOR ESPERA	Se atribuye este factor a las buenas prácticas del operario.
VARIABLES ELECTRICAS	
TENSION	Su variación no es mayor al límite de 10%, se considera constante.
CORRIENTE	Posee una variación importante en el análisis descriptivo.
FACTOR DE POTENCIA	Se considera constante durante el ejercicio.
POTENCIA	Producto de las tres variables eléctricas anteriores, así que depende de estas.
CALIDAD DE LA OTENCIA	Cumple con los límites de la norma así que no influye en el ejercicio.
VARIABLES MECANICAS.	
ESTADO DE LA CUCHILLA	Se revisa el estado y se cambia cada dos semanas, así que se considera siempre óptimo.

Fuente: Creada por los autores.

Las variables presentes en la tabla anterior, representan todos los factores presentes en el proceso, sin embargo, se realiza un análisis descriptivo e inferencial y se definen cuales a considerar en las muestras o mediciones, ya que los factores considerados constantes no entran en el ejercicio debido a que no varían en el tiempo o su variación no es significativa.

Así que las variables a considerar son la corriente como factor de mayor incidencia y el consumo energético o potencia disipada en el proceso, como producto de la variación de la corriente relacionado con la tensión y el factor de potencia.

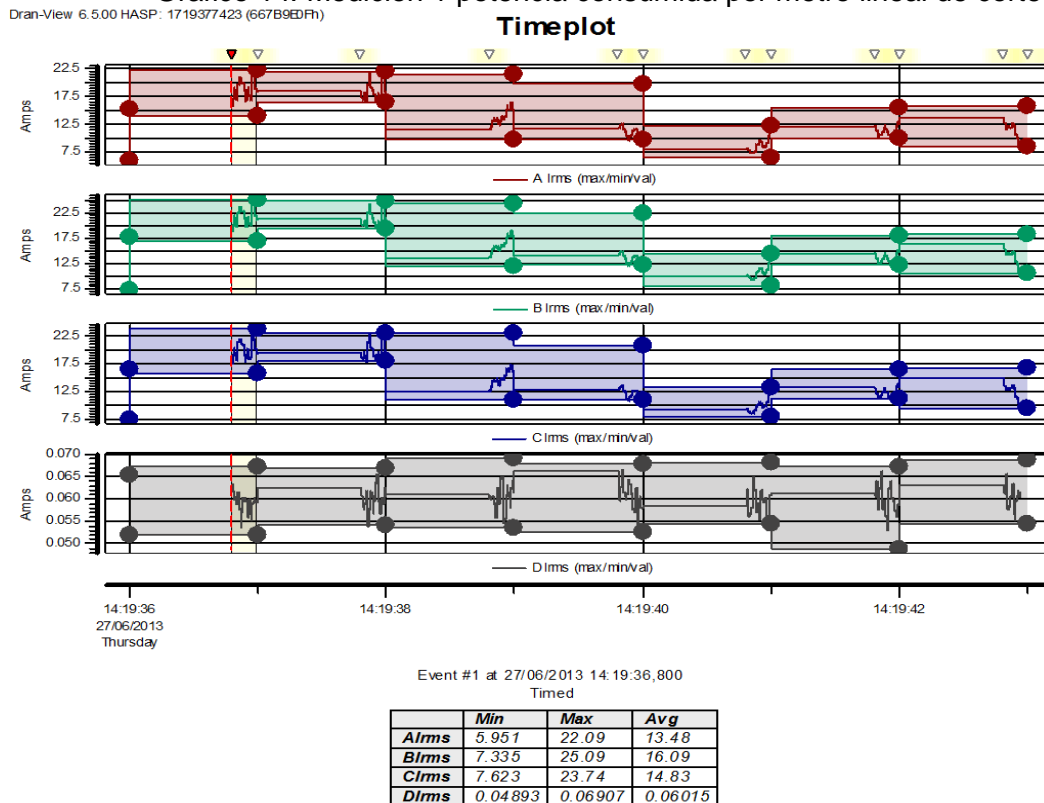
6.6.2. Mediciones a motores

Anteriormente en la justificación de variables se escogió cuales monitorear, siendo objeto de análisis y estudio de forma cualitativa. Se llegó a la conclusión que se debe estudiar el comportamiento de la corriente, ya que su variabilidad en el tiempo es quien determina el consumo energético en las labores de corte. Un valor agregado de este proyecto es determinar, con la mediciones realizadas, el promedio de energía disipada en el proceso de corte de un listón que posee las mismas medidas de 2,5 pulgadas de grosor, 5 de ancho, pero esta vez en un (1) metro lineal de corte.

Ya escogido un operario que posea experiencia mayor a cinco años y manejo de buenas prácticas de manufactura, en una sierra de banco los resultados fueron los siguientes:

Medición 1: En la primera medición se escoge un motor marca VOGES de 4,5 KW, que realiza las labores de corte de madera, en el área de corte. Este tipo de maquinaria es el que más se repite en el área, y representa mayor capacidad instalada.

Grafico 14. Medicion 1 potencia consumida por metro lineal de corte



Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400.

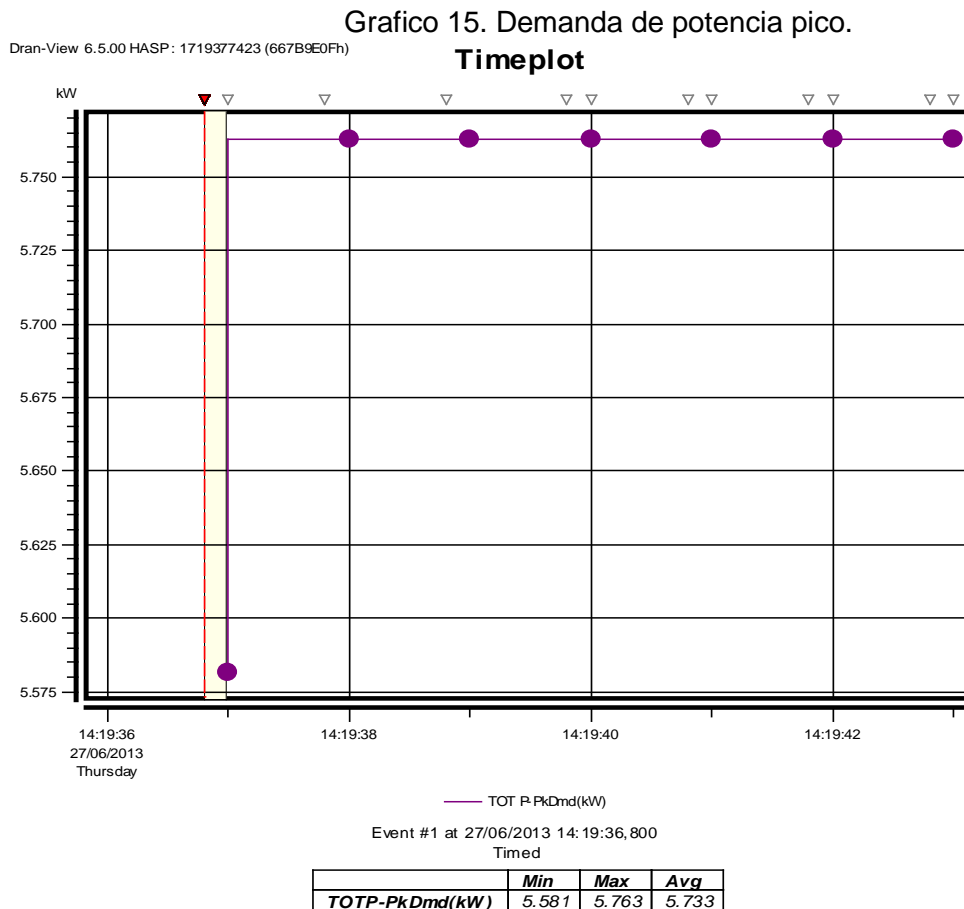
Los resultados muestran en un tiempo de 7 segundos aproximadamente (precisión y discreción de tiempo del analizador de redes), la fase R entrega un promedio de 13,48 A, la fase S un promedio de 16,04 A y la fase T un promedio de 14,83, siendo una desviación entre fases menor al 20% descartando problemas de desequilibrio de corrientes.

La corriente promedio se halla de la siguiente forma:

$$I_{prom} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$$

Resultado una corriente promedio de 14,8 A.

Este es el consumo de corriente promedio en la primera medición para lograr el corte de un metro lineal de madera.



Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400.

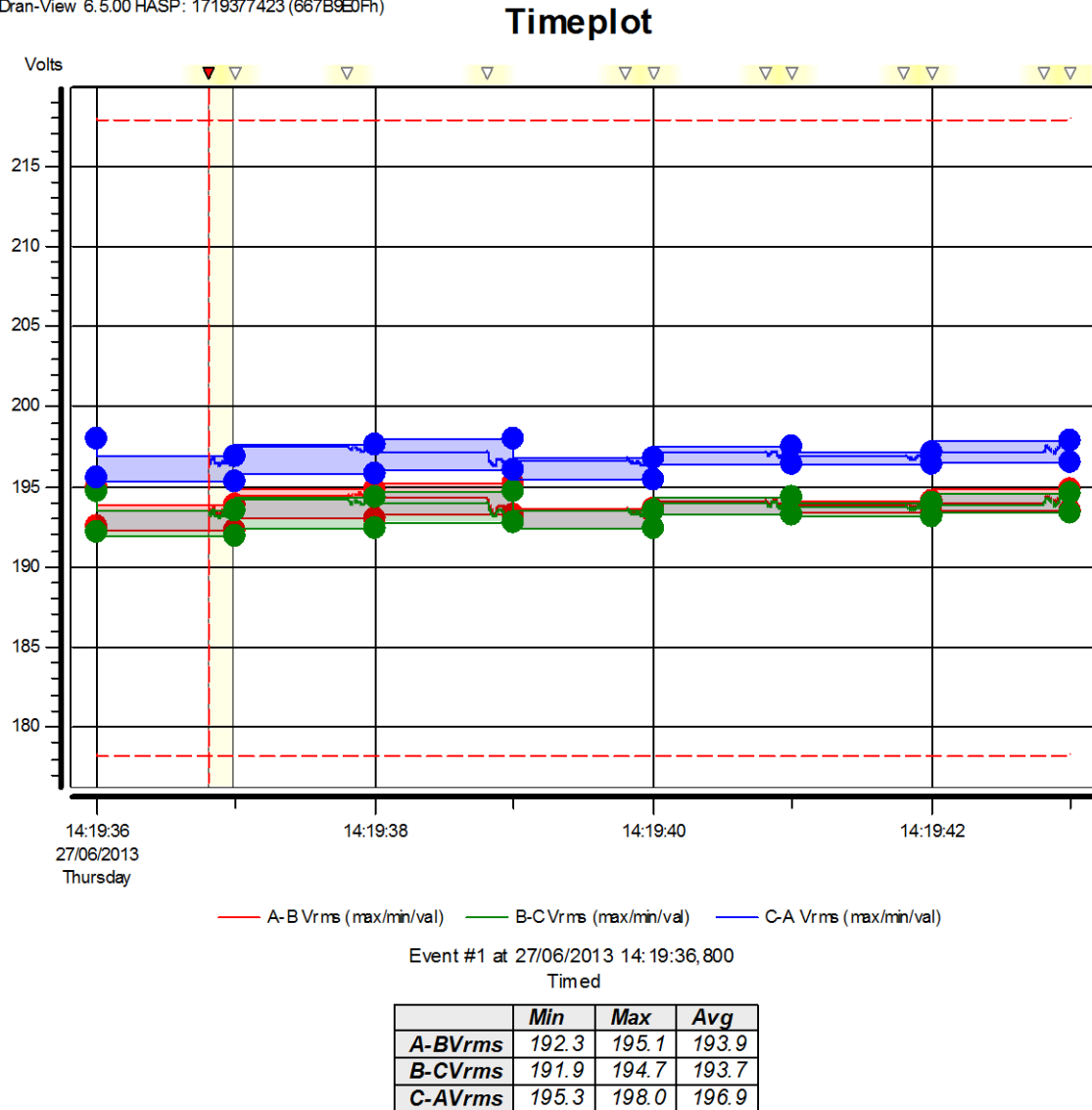
Por otro lado, el software DRANVIEW 6.5 también entrega la medición de la variable dependiente, en el módulo de Demanda de potencia pico, el consumo de potencia activa en el proceso de corte de un metro lineal de madera, obteniendo como resultado que disipa un promedio de 5,733 kW en el proceso de corte de un metro lineal de madera.

Este valor se encuentra por encima del valor nominal de potencia del motor, el cual es 4,5 KW, pero hay que considerar que los motores soportan valor de hasta

1,25 veces de corriente o potencia por encima del valor nominal para tiempos cortos, tal y como lo es en este caso.

Grafico 16. Niveles de tensión durante la muestra 1.

Dran-View 6.5.00 HASP: 1719377423 (667B9E0Fh)

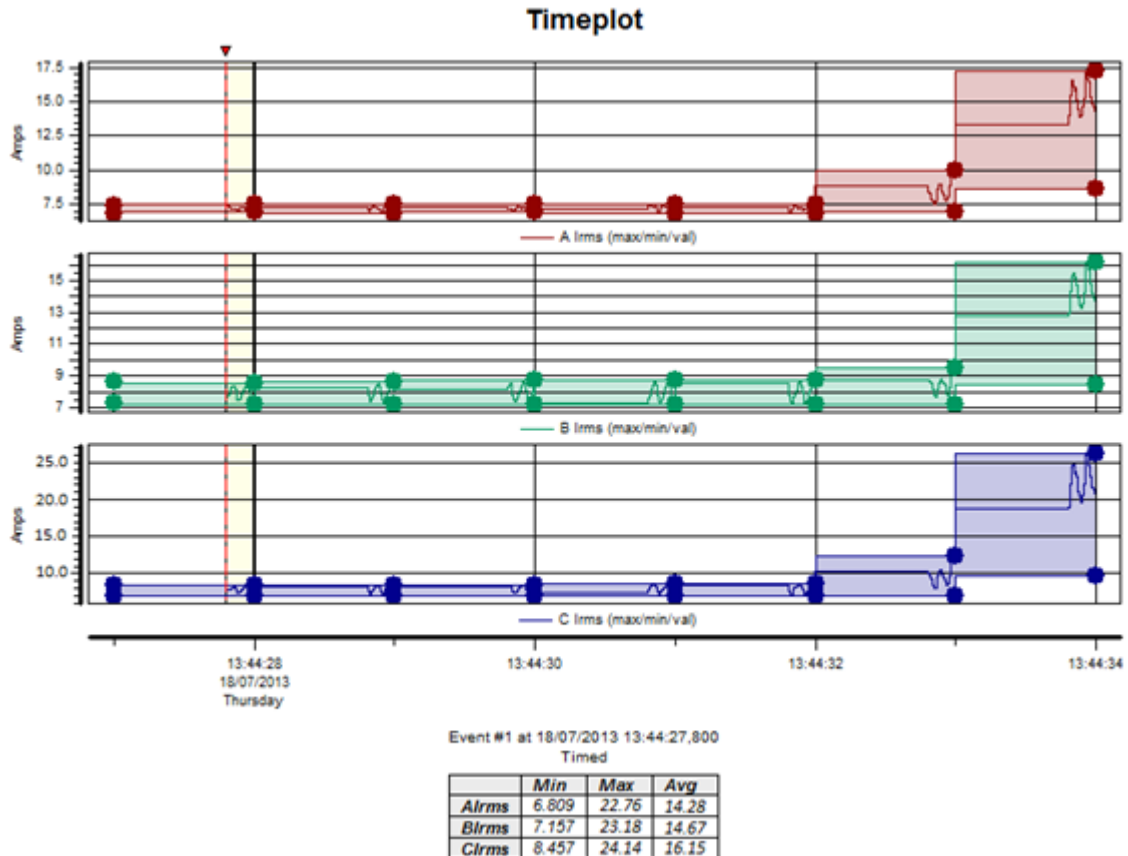


Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400.

Como se explicaba en los inicios del proyecto, existen situación de caída de tensión en la empresa, y por eso no es posible hablar de un análisis estadístico de eficiencia energética teniendo problemas como este, pero en la justificación de variables se encuentra este como un valor que no cambia en el tiempo, ya que aunque no debe ser el valor nominal y excede el limite permisible por la NTC 2050 del $\pm 3\%$, su valor es estable y no varía en el tiempo, teniendo como objeto el análisis de la corriente y por consiguiente del consumo energético.

Medición 2: En la primera medición se escoge un motor marca SIEMENS de 4,5 KW, que realiza las labores de corte de madera, en el área de corte. Este tipo de maquinaria es el que más se repite en el área, y representa mayor capacidad instalada.

Grafico 17. Niveles de corriente durante la muestra.



Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400.

Los resultados muestran en un tiempo de 7 segundos aproximadamente (precisión y dicresion de tiempo del analizador de redes), la fase R entrega un promedio de 14,28 A, la fase S un promedio de 14,67 A y la fase T un promedio de 16,15, siendo una desviación entre fases menor al 20% descartando problemas de desequilibrio de corrientes.

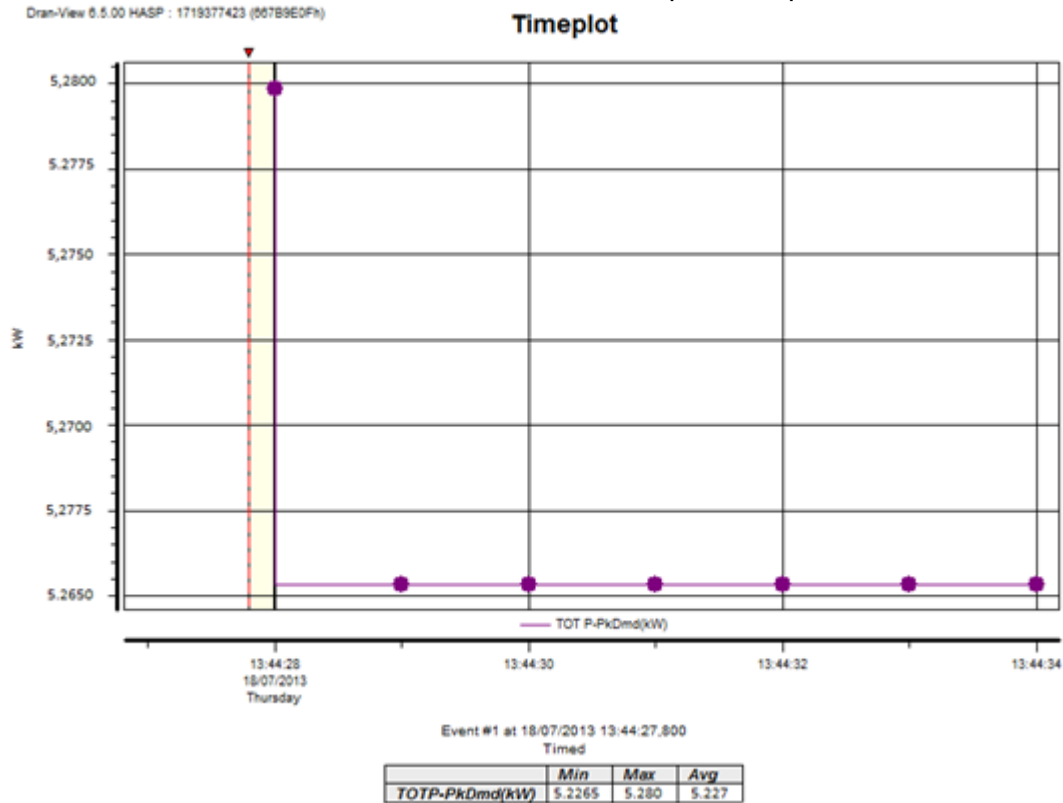
La corriente promedio se halla de la siguiente forma:

$$I_{prom} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$$

Resultado una corriente promedio de 15,03 A.

Este es el consumo de corriente promedio en la primera medición para lograr el corte de un metro lineal de madera.

Grafico 18. Demanda de potencia pico.



Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400.

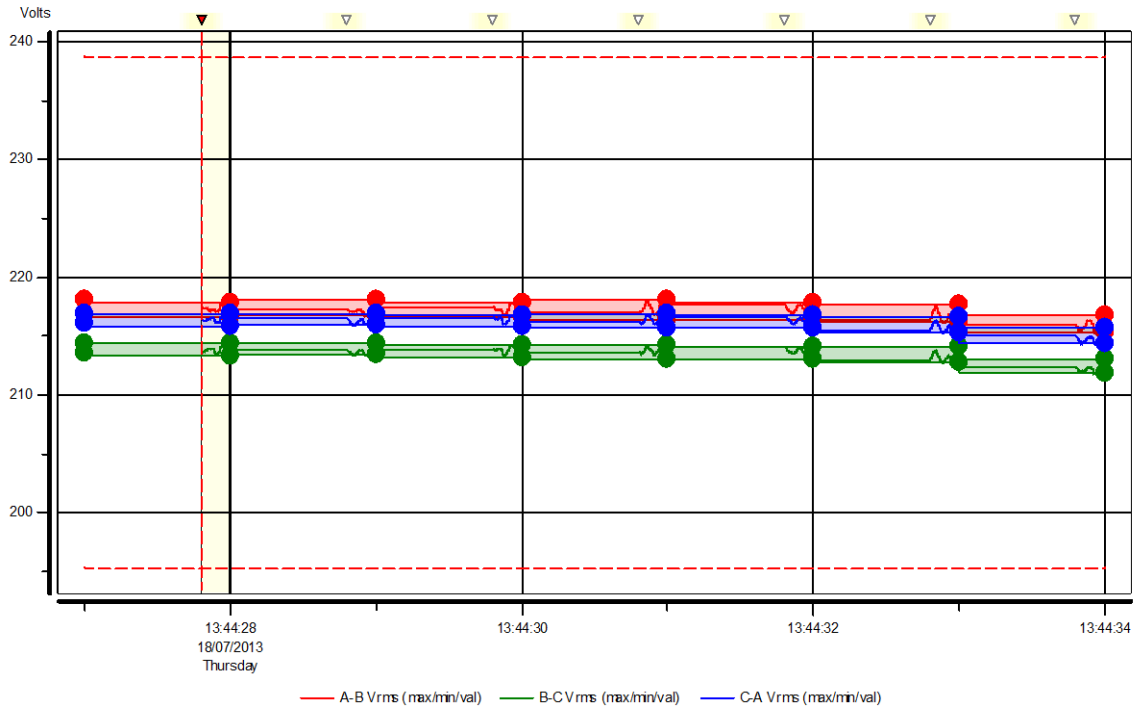
Por otro lado, el software DRANVIEW 6.5 también entrega la medición de la variable dependiente, en el módulo de Demanda de potencia pico, el consumo de potencia activa en el proceso de corte de un metro lineal de madera, obteniendo como resultado que disipa un promedio de 5,227 kW en el proceso de corte de un metro lineal de madera.

Este valor se encuentra por encima del valor nominal de potencia del motor, el cual es 4,5 KW, pero hay que considerar que los motores soportan valor de hasta 1,25 veces de corriente o potencia por encima del valor nominal para tiempos cortos, tal como lo es en este caso.

Grafico 19. Niveles de tensión durante la muestra 2.

Dran-View 6.5.00 HASP : 1719377423 (667B9EDFh)

Timeplot



Event #1 at 18/07/2013 13:44:27,800
Timed

	Min	Max	Avg
A-BVrms	215.4	218.1	217.0
B-CVrms	211.8	214.4	213.5
C-AVrms	214.4	216.9	216.1

Fuente: Analizador de redes arrow Dranetz 4400.

En este caso las mediciones de tensión están dentro de los valores establecidos por los límites de la norma 3%

6.7 CONCLUSIONES DEL CAPITULO

Este capítulo comprende dos etapas de la metodología de desarrollo. En él se encuentran inmersas la etapa identificación y mediciones, así como Análisis de resultados y posibles oportunidades de mejora.

En la primera etapa se realizan mediciones con el analizador de redes de forma global en todo el sistema para conocer el estado de las variables eléctricas y las potenciales oportunidades de mejora, basados en la identificación de situaciones críticas y planteando la solución de una forma viable técnico- económica.

Además se toman de muestra dos motores de diferentes marcas, debido a la disponibilidad de realizar los ensayos en ellos, y se instala el analizador de redes

para la medición de la variable de mayor incidencia en el consumo energético y se comparan los resultados.

A partir de las mediciones globales se identifican situaciones desfavorables en el correcto funcionamiento del sistema eléctrico de la empresa, y que por lo tanto afectan el desempeño energético. Por otro lado se analizan comparativamente los resultados de las mediciones, se estudian similitudes y se deja abierto para consiguientes conclusiones.

El análisis de resultados evidencio situaciones críticas de desbalance de corrientes, caída de tensión en el punto de conexión común, y mediante visitas e inspecciones se pudo detectar fugas en el sistema de aire comprimido y que además el sistema de transformación no es confiable debido a la presencia de transformadores muy antiguos, de los cuales no se tenía información precisa de datos de potencia y tensión. Por otro lado en las mediciones se confirmó que el factor de potencia está por debajo de del límite establecido por la resolución CREG 108 de 1997.

Se seleccionaron dos motores de la misma potencia, mismo nivel de tensión y que hacen parte de sierras radiales de banco. La mediciones muestran similitudes en consumo de corrientes, valores cercanos a 15 A, y por lo tanto por ser dependiente de la corriente el consumo energético también arroja resultados, valores cercanos a 5 KW en un tiempo de 7 segundos ambas muestras.

Ninguna de las muestras globales o individuales (motores) mostraron presencia de armónicos, ya que cumplen con los límites establecidos por la IEEE 519, por lo cual no se considera este factor relevante en el estudio de los resultados.

7. OPCIONES DE MEJORAMIENTO Y SEGUIMIENTO

7.1 OPCIONES DE MEJORAMIENTO

La medición con un analizador de redes, es la manera más precisa para analizar el comportamiento del sistema eléctrico de potencia, ya que muestra detalladamente las variables y en tiempo real.

7.1.1 Cambio del sistema de transformación.

Según las mediciones realizadas (aun cuando fue un solo día, debido a que existieron cambios de tecnología en la empresa consecuencia de las recomendaciones), existe inconvenientes en el sistema de transformación, conllevando a problemas de caída de tensión, y subdimensionamiento en la entrega de potencia al sistema por parte de estas maquina eléctrica.

Al inicio del proyecto, se pudo evidencia que no existía un sistema de transformación que garantizase el correcto funcionamiento, y la operación eficiente.

Se documentó una bancada trifásica de transformadores; consiste en tomar un transformador monofásico por fase, y cerrar la estrella del grupo de conexión por medio de la unión de los neutros, los cuales están unidos a la cuba y por consiguiente a tierra. Sin embargo, los transformadores originalmente eran trifásicos, pero se les anulaban las otras dos fases para que funcionara como uno monofásico, además no poseían placa de características y no se conocía la capacidad en potencia a entregar al sistema. Por estas razones no se puede considerar como maquinas eficientes, además que al conservar un núcleo ferromagnético para tres fases, y funciona una sola, este núcleo presenta mayor oposición al campo electromagnético (reluctancia) ya que está diseñado para campos con mayor intensidad, aumentando las pérdidas en el hierro y restando eficiencia a la entrega de potencia.

Por otro lado este tipo de conexión no permite el ajuste de la relación de transformación por medio del movimiento de tap, ya que este no existe y como consecuencia no se puede solucionar problemas de caída de tensión de forma inmediata e interna.

Se recomendó el cambio por un transformador principal, utilizando como referencia la potencia promedio entregada por el análisis de cargabilidad.

En la gráfica se observa que el promedio de potencia aparente es de 120 KVA; este valor se toma como referencia. Según información otorgada por el área estratégica de la organización tienen ambiciosos planes de expansión de la

empresa, y además del reemplazo del compresor principal por uno de mayor potencia, sumándole la adquisición de extractores, y nueva maquinaria.

Un transformador opera con mayor eficiencia cuando las pérdidas del cobre son iguales a las pérdidas del hierro, aproximadamente un 60 % de la carga. Al no tener claramente la potencia a instalar, se adiciona al promedio medido por el analizador un 25 %, obteniendo un valor de 150 KVA.

Sin embargo, para garantizar que el transformador opere de forma eficiente, se toma como referencia el valor de 150 KVA y se tasa en un 60% (punto más eficiente de este tipo de máquina), siendo el 100% la potencia aparente recomendada, 250 KVA.

Figura 1. Bancada trifásica anteriormente instalada.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 2. Transformador trifásico de 250 KVA actual.



Fuente: Tomadas por los autores.

La tensión medida en los tableros de la subestación después del cambio tecnológico fue de 227 V; no obstante la medición fue realizada con una pinza voltiamperimetrica fluke, mas no con el analizador de redes. Sin embargo, se considera una herramienta válida para la medición de este parámetro.

Figura 3. Mediciones de tensión entre fases después del cambio tecnológico.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 4. Mediciones de tensión entre fases después del cambio tecnológico.



Fuente: Tomadas por los autores.

7.1.2 Reemplazo de los compresores por un sistema de aire comprimido central.

Mediante las visitas realizadas a la empresa, se detectó fugas existentes en los sistemas de aire comprimido, produciendo que el compresor trabaje más tiempo, y como consecuencia mayor gasto de energía.

En el sistema eléctrico inicial había dos compresores:

1. compresor reciprocantes de doble pistón, sin datos de placa, con un motor eléctrico de 20 Hp, y tensión nominal 220 V.
2. compresor de tornillos, 35 Hp, tensión nominal 220 V.

Compresor 1: El compresor reciprocante de doble pistón que alimentaba a la zona de armado con un ciclo de 8 minutos, de los cuales 7 minutos llena y 1 minuto apagado; es necesario tener en cuenta que como estos compresores necesitan tener un periodo de enfriamiento para un funcionamiento óptimo y duradero, entonces se debe dimensionar que el motor funcione sólo un 50% del tiempo. (Fuente: Gardner Denver Machinery Inc. Buyer's guide). Por lo tanto se concluye que los tiempos de trabajo no son óptimos para este tipo de máquina, con dicho ciclo de trabajo, en una jornada de 9 horas trabaja 472,5 minutos o sea 7,87 horas y descansa 1,13 horas.

Figura 5. Compresor recíprocante de 20 Hp.



Fuente: Tomadas por los autores.

Análisis económico: Si se reducen las pérdidas de aire en el sistema, y el sistema de aire comprimido opera el 50% de la jornada laboral, tal y como es recomendable por la literatura. Se presenta la siguiente situación.

Tabla 8. Reducción de costos por corrección de sistemas de aire comprimido.

DESCRIPCIÓN DE COSTOS ASOCIADOS	VARIABLE RESPUESTA
JORNADA LABORAL (HORAS)	9
POTENCIA DE PLACA kW	15
CONSUMO DIARIO ESTIMADO (horas)	7,87
CONSUMO DIARIO ESTIMADO (kW)	118,05
CONSUMO DIARIO ESTIMADO IDEAL (horas)	4,5
CONSUMO DIARIO ESTIMADO IDEAL (kW)	67,5
CONSUMO ENERGETICO MENSUAL ORIGINAL (kW)	3187,35
CONSUMO ENERGETICO MENSUAL IDEAL (kW)	1822,5
POTENCIAL DE AHORRO ENERGETICO(kW)	1364,85
COSTO ACTUAL KW/HORA (pesos colombianos)	327
POTENCIAL DE AHORRO ENERGETICO (pesos colombianos)	\$ 446.305,35

Fuente: Creada por los autores.

Compresor 2: Por otro lado, se identificó otra posibilidad de mejora en el sistema. Una carga significativa, el compresor de tornillos de 30 Hp, presentaba caída de

tensión, y el valor medido entre fases promedio 195 V. La corriente nominal presente en la placa de características tiene un valor de 78 A, sin embargo, las mediciones llegaban hasta los 100 A.

Esta situación supone aumento de las pérdidas en el motor, mayor temperatura en sus devanados y pérdida de vida útil.

Por otro lado el compresor estaba a 75 metros de la subestación, distancia considerable y que causa caída de tensión sino se tiene la acometida con el dimensionamiento correcto.

Figura 6. Compresor de tornillo de 30 Hp.

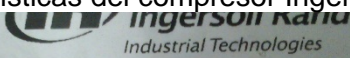


Fuente: Tomadas por los autores.

Se recomendó cambiar ambos compresores por un único sistema de aire comprimido, que este a una distancia promedio de 20 metros para evitar caída de tensión, y con una potencia mayor a 50 Hp pensando en ampliaciones de la empresa. Además el nuevo sistema de aire acondicionado que no tenga tanques, para disminuir la posibilidad de fugas en estos dispositivos.

El compresor adquirido y actualmente instalado tiene 60 Hp de potencia, tensión nominal de 220 V y está ubicado cerca de la subestación.

Figura 7. Placa de características del compresor Ingersoll Rand de 60 Hp.



COMPRESSOR MODEL-----	SSR-EP60	
CAPACITY-----	246	CFM
RATED OPERATION PRESSURE--	125	PSIG
MAX. DISCHARGE PRESSURE---	128	PSIG
MAX. MODULATE PRESSURE----	128	PSIG
NOMINAL DRIVE MOTOR-----	60	H.P.
NOMINAL FAN MOTOR-----	3.0	H.P.
TOTAL PACKAGE AMPS-----	155	
VOLTS-----	230	
PHASE / HERTZ-----	3/60	
CONTROL VOLTAGE-----	120	
SERIAL NUMBER-----	CA4275U11208	
CONTACTOR AMP. RATING----	180	
ASSEMBLY AMP. RATING-----	311	
LOCKED ROTOR AMP. RATING OF ASSY---	3240	

Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 8. Compresor 60 Hp instalado.



Fuente: Tomadas por los autores.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS:

Control Progresivo Adaptativo (PAC): monitorea continuamente los parámetros y se adapta operativos esenciales, para evitar el tiempo de inactividad inesperado
V-Shield Tecnología: ofrece un diseño totalmente integrado, libre de fugas.

Sistema de refrigeración secuencial: mejora significativamente la eficiencia, capacidad de servicio y el nivel de ruido.

7.1.3 Corrección de factor de potencia.

En las mediciones obtenidas por el analizador de redes, se puede evidenciar que el factor de potencia no cumple con el requerimiento de la resolución CREG 108 de 1997, el cual establece en su artículo tercero:

“Parágrafo 1º. El factor de potencia inductiva (coseno phi inductivo) de las instalaciones deberá ser igual o superior a punto noventa (0.90). El operador de Red podrá exigir a aquellas instalaciones cuyo factor de potencia inductivo viole este límite, que instalen equipos apropiados para controlar y medir la energía reactiva.”¹⁴

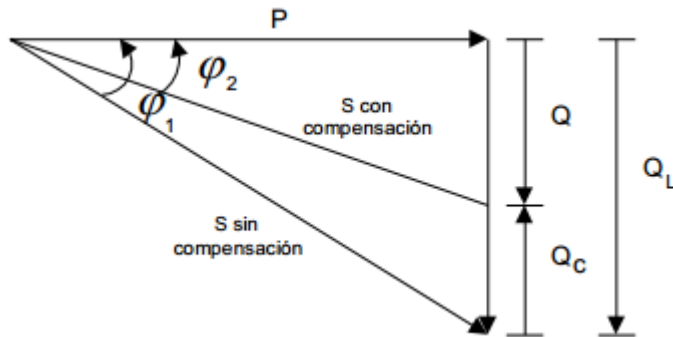
La demanda de potencia reactiva se puede reducir sencillamente colocando condensadores en paralelo a los consumidores de potencia inductiva QL. En este caso se hará de forma central. Es decir, La potencia reactiva inductiva de varios consumidores de diferentes potencias y diferentes tiempos de trabajo es compensada por medio de un banco de condensadores.

Dependiendo de la potencia reactiva capacitiva Q_c de los condensadores se anula total o parcialmente la potencia reactiva inductiva tomada de la red. A este proceso se le denomina compensación.¹⁵

¹⁴ Resolución CREG 108 de 1997.

¹⁵ Si3a universidad del atlántico.

Figura 9. Triangulo de potencia.



La corrección del factor de potencia se calcula mediante

$$KVAR = P(KW) \times (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

Dónde:

- ϕ_1 : Angulo de factor de potencia actual.
- ϕ_2 : Angulo de factor de potencia deseado.

Para el presente ejercicio, se desea un factor de potencia de 0,95. El factor de potencia actual es 0,88, por lo tanto:

$$\phi_1 = \cos^{-1} 0,88 = 28,36^\circ$$

$$\phi_2 = \cos^{-1} 0,95 = 18,19^\circ$$

Siendo,

$$KVAR = 110,1 \text{ Kw} \times (\tan 28,36 - \tan 18,19)$$

$$KVAR = 23,25 \text{ KVAR}$$

Lo que quiere decir que es necesario un banco de compensación trifásico de 23,03 KVA. Se utiliza para el valor de potencia activa, el valor promedio obtenido en las mediciones.

Mensualmente, la compañía presenta un cobro por penalización de reactiva promedio de 200.000 pesos colombianos actuales, lo cual la corrección del factor de potencia es una inversión que retornara en poco tiempo.

Tabla 9. Cálculo de costos de implementación de banco de condensadores.

CALCULO RETORNO DE INVERSION BANCO DE CONDENSADORES	
Potencia ideal calculada (kVAR)	23,03
Potencia encontrada en la industria (kVAR)	25
COSTOS DE INSUMOS	
Banco de condensadores a instalar	\$ 887.000
Interruptor trifásico termomagnético 60 a de protección	\$ 75.276
6 Metros de cable 4 AWG (2 m/fase)	\$ 44.070
Terminales accesorios de instalación	\$ 10.000
Alquiler ponchadora por jornada	\$ 19.000
Mano de obra instalación	\$ 256.000
COSTO TOTAL	\$ 1.291.346

Fuente: Creada por los autores.

Los datos reflejados en la tabla 9 son suministrados por la empresa GOODWORK SAS. De igual manera se omiten las marcas de los equipos relacionados en la misma.

Por lo tanto, el retorno de inversión, se vería reflejado a partir del 7 mes después de la instalación.

7.1.3.1 Justificación de la instalación del banco de condensadores.

VENTAJAS: De manera invertida, lo que no produce un efecto adverso produce una ventaja; por lo tanto, el corregir el factor de potencia a niveles más altos, nos da como consecuencia:

- Un menor costo de energía eléctrica. Al mejorar el factor de potencia no se tiene que pagar penalizaciones por mantener un bajo factor de potencia.
- Aumento en la capacidad del sistema. Al mejorar el factor de potencia se reduce la cantidad de corriente reactiva que inicialmente pasaba a través de transformadores, alimentadores, tableros y cables.
- Mejora en la calidad del voltaje. Un bajo factor de potencia puede reducir el voltaje de la planta, cuando se toma corriente reactiva de las líneas de alimentación. Cuando el factor de potencia se reduce, la corriente total de la línea aumenta, debido a la mayor corriente reactiva que circula, causando mayor caída de voltaje a través de la resistencia de la línea, la cual, a su vez, aumenta con la temperatura. Esto se debe a que la caída de voltaje en una línea es igual a la corriente que pasa por la misma multiplicada por la resistencia en la línea.

- Aumento de la vida útil de las instalaciones¹⁶.

7.1.3.2 Verificación de cálculo de banco de condensadores.

Para comprobar el correcto cálculo y dimensionamiento del banco de condensadores, se utilizó una herramienta informática, el software ETAP 11.1.1, con el fin de correr el flujo de carga de la empresa y verificar que se optimice el factor de potencia.

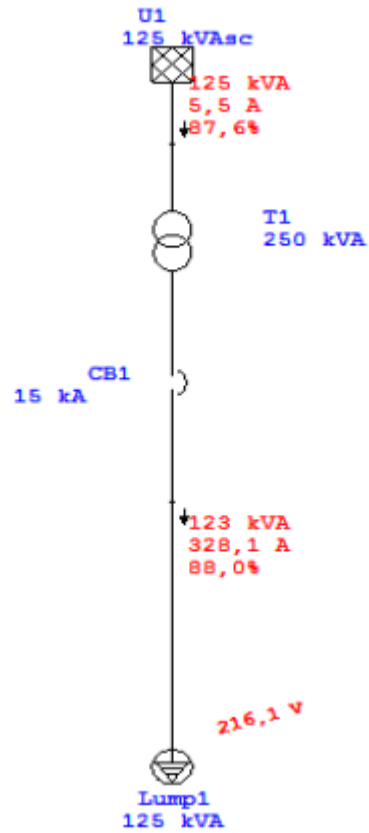
Se tiene en cuenta las siguientes consideraciones:

- El valor de potencia promedio activa obtenido en las mediciones del analizador de redes se utiliza como valor base para la carga del sistema; 110 KW
- El software ofrece la opción de tipo de carga, en este caso es una carga variable, y se ajusta en un porcentaje de variabilidad del 50%.
- Se toma el valor del factor de potencia promedio en las mediciones; 88%.
- Se toman los valores del nuevo transformador de potencia, y datos de impedancias y reactancias se utiliza la herramienta del software que ofrece valores típicos.
- No se consideran datos de la acometida.
- El software ofrece además librerías de interruptores de baja potencia, y se utilizan para determinar el interruptor termomagnético óptimo.
- Se asume y modela la totalidad de la carga del sistema bajo el valor de potencia promedio, y se analiza como una carga unitaria de gran potencia y con porcentaje de variabilidad.
- El banco de condensadores se conecta en paralelo a toda la carga del sistema.
- Se analizan a continuación, los dos escenarios; el diagrama unifilar sin el banco de condensadores y con el instalado.

¹⁶ si3a universidad del atlántico.

Escenario 1:

Figura 10. Simulación de corrección de factor de potencia con ETAP.



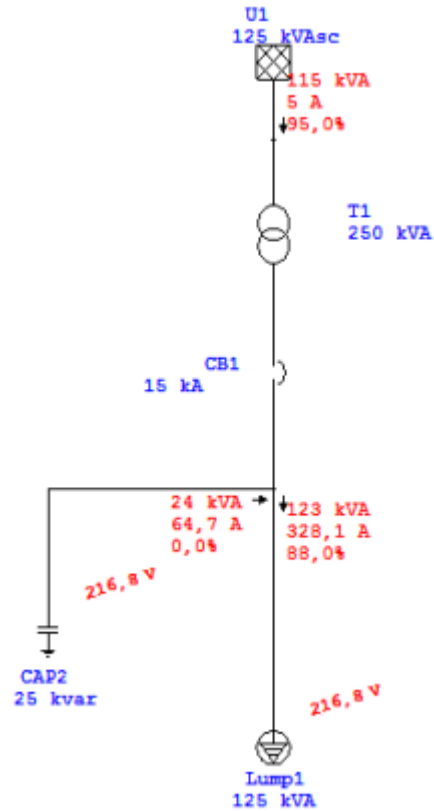
Fuente: Arrojada por el software ETAP 11.1.0

Datos obtenidos:

- Fp punto de conexión común: 0,88.
- Fp carga: 0,88.
- I primaria: 5,5A.
- I secundaria: 328,1A

Escenario 2:

Figura 11. Simulación de corrección de factor de potencia con ETAP.



Fuente: Arrojada por el software ETAP 11.1.0

Datos obtenidos:

- Fp punto de conexión común: 0,95.
- Fp carga: 0,88.
- I primaria: 5A.
- I secundaria: 328,1A.

7.1.4 Desbalance de corrientes por fase

Según las mediciones obtenidas por el analizador de redes, existe un crítico desbalance de corriente. El máximo desequilibrio de corriente registrado fue de 88,33%, ubicándose muy por encima del límite recomendado por el Std. IEEE 446 de 1995 del 20%, lo que nos indica que existe un grave problema de desbalance de corriente.

Dicha situación se debe al uso de cargas monofásicos e instalación de estas sin verificar la fase de la cual se van a alimentar o realizar balanceo de cargas.

El reparto de las cargas monofásicas provoca el desequilibrio en las intensidades de fase, lo que influye en la potencia del transformador a instalar y la sección de los conductores necesarios.

“Las recomendaciones de equilibrar la carga suelen justificarse por la conveniencia de que las tensiones de la línea permanezcan también equilibradas, ya que distintos valores de las intensidades de las fases producen caídas diferentes de tensión debidas a las impedancias de los conductores de la línea”¹⁷

La solución propuesta en el proyecto consiste en el diseño de los cuadros de cargas de toda la instalación de la empresa, para disminuir el desequilibrio de corrientes.

Tabla 10. Cuadro de carga general de la empresa.

Tabla 16: Cuadro de carga general de la empresa.									
DESCRIPCION	# SALIDAS	CARGA (VA) POR BARRAJE						# SALIDAS	DESCRIPCION
		A	B	C	C	B	A		
Armado 1	1	7121					40314	1	Corte
			7121			40749			
				6933	39213				
Armado 2	1	12888					11570	1	Pintura
			12888			11913			
				12888	10803				
Oficinas	1	1106					16578	1	Compresor 50 HP
			1826			16578			
				1166	16578				
SUBTOTAL 1		20009	20009	19821	66594	69240	68462		
SUBTOTAL 2		68462	69240	66594					
SUBTOTAL 1+2		88471	89249	86415					
DESBALANCE		2,38%							

Fuente: Creada por los autores.

¹⁷ http://stsproyectos.com/U/T/TEn_USAL_02A.pdf [28 de Julio de 2014].

7.2 SEGUIMIENTO A LA VARIABLE CORRIENTE

Como se pudo evidenciar en las mediciones previas, la corriente rms tiene unos valores promedios muy cercanos entre sí, la primera muestra arrojó un resultado de 14,8 A, la segunda muestra un resultado de 15,03 A y ambas en un tiempo aproximado de 7 segundos.

Sin embargo, cabe destacar que estas mediciones serían mucho más confiables realizadas en un laboratorio con varios motores en excelentes condiciones de funcionamiento y diferentes condiciones de temperatura, motores con hoja de vida de pruebas de análisis espectral de corriente, que se tenga la seguridad que no exista corto entre sus barras, entre otras.

No obstante, este análisis presenta opciones de seguimiento; a la empresa se le ha recomendado instalar medidores de consumo por áreas, y con estas mediciones puede tener referencia de cuenta corriente se consume en el proceso.

7.2.1 Seguimiento cualitativo a la variable independiente corriente y a su variable dependiente potencia.

Observando los resultados de las gráficas de consumo, se encuentra que aunque los motores de la muestra son de diferente marca y no se conoce su edad, los kW disipados en magnitud y tiempo son muy similares, siendo la mayor medición en el primer muestreo con 5,73 kW y en el segundo 5,22 Kw, lo cual constituye un punto de partida a establecer referencia del promedio de potencia, y en un tiempo de 7 segundos.

Se puede decir que se aproxima a un indicador de desempeño energético, sin afirmarlo, pues dicho establecimiento requiere mayor profundidad y además considerar óptimas condiciones del desempeño del sistema eléctrico.

La organización se encuentra en una etapa de cambio tecnológico y expansión, por lo cual es muy importante tener referencia del consumo energético en el área de mayor impacto, tal y como es el área de corte. Por consiguiente, se puede estimar cuanto en potencia se gasta al cortar un número designado de listones, el tiempo promedio y ejercer un control cualitativo sobre estas variables.

Cuando se habla de control cualitativo se refiere a que en condiciones subnormales de funcionamiento del sistema eléctrico, y sin la certeza de la eficiencia real de la máquina objeto de estudio, se puede estimar tiempos y gasto energético según la demanda de la producción, ejerciendo controles a los procesos y prácticas de manufactura.

7.2.2 Practicas recomendadas para el seguimiento y control cualitativo de las variables.

Dentro de las prácticas recomendadas, se encuentran técnicas de sencilla implementación, que ayudan al aumento de la eficiencia del proceso, sin llegar a números en porcentaje, pero sí de forma cualitativa, pues se conoce que al implementarlas, se contribuye al mejoramiento de la eficiencia.

Control de tiempo: Si se conoce que en un tiempo aproximado de 7 segundo se corta un listón de madera con las medidas de ancho y grosor que se utiliza para la elaboración del producto final, entonces es posible determinar según cual sea la demanda, el tiempo promedio a utilizar en cortar por número de listones que equivalen a una longitud resultante. Además se pueden organizar las jornadas de trabajo, los tiempos designados a cada tarea.

Por otro lado, en la empresa se recomendó comprar maquinaria automatizada, que utilice un tiempo de corte por metro lineal de madera con un promedio de 7 segundos o menor.

Seguimiento a maquinas: De las pruebas offline a motores para la determinación de su estado se encuentra el análisis espectral de corriente. Esta metodología consiste en el análisis del espectro de frecuencia de la señal de corriente estatorica con la cual es posible determinar las fallas del estator. Consiste en evaluar la amplitud relativa los diferentes armónicos que aparecen en la corriente debido al fallo. Este sistema de análisis utiliza al propio motor para evaluar las condiciones eléctricas y mecánicas del mismo, el MCSA plantea que a través de estudios de la corriente se pueden detectar los comportamientos anormales los cuales pueden ser causa de la carga o de la propia máquina. Determina la diferencia entre la amplitud de los picos asociados a frecuencias críticas y la amplitud asociada a la componente fundamental.

Este ensayo es muy preciso y ayuda a determinar el estado de motores, pero es muy costoso y quizás es más útil en motores de gran tamaño, pero aun así una máquina para una pequeña o mediana empresa es de gran importancia, ya que quizás no existe uno para el cambio, por ende, al tener un valor de corriente promedio o de referencia de 15 A, se puede estudiar y analizar el estado del motor, ya que si consume más corriente en gran magnitud, en pleno proceso (prueba offline), se puede concluir que existe un problema en la maquinaria, sea mecánico (cuchillas, rodamientos y demás accesorios) o eléctrico (corto entre espiras, daños en el aislamiento entre otros).

Control de consumo por áreas: El área de corte representa el 37,17 % de la carga instalada total de la empresa, y de la cual las sierras de banco son el 44,91 % de la carga instalada. Lo ideal es dividir el consumo por áreas, y establecer un control y seguimiento según la producción. El presente proyecto arroja un valor promedio

de consumo energético por metro lineal de corte de madera con las medidas que mayormente se usan en el proceso. Además se puede tomar dichos valores como un benchmarking y documento pionero en el estudio cualitativo de las variables que afectan el desempeño energético en condiciones donde no se puede garantizar el óptimo funcionamiento del sistema eléctrico.

7.2.3 Plan de mantenimiento preventivo a motores y transformador principal

En las instalaciones de la empresa productora de muebles H&M donde sus activos desarrollan el proceso de procesamiento de madera, se plantea un programa de mantenimiento preventivo con el fin de aumentar la confiabilidad de los equipos y aumentar su vida útil para lograr la utilización que asegure el máximo margen de rentabilidad y desempeño, y se eviten paradas por falla en equipos.

Actualmente la empresa no maneja planes de mantenimiento, solo actúan en caso de alguna falla, es decir mantenimiento correctivo. El plan de mantenimiento se limita solo a motores eléctricos, ya que son base del desarrollo del proceso.

El mantenimiento que es definido por la Norma de gestión de activos PASS– 55 como “todas aquellas actividades y prácticas, sistemáticas y coordinadas a través de las cuales una organización administra de manera óptima sus activos y el comportamiento de estos, riesgos y gastos durante un ciclo de vida útil con el propósito de alcanzar su plan estratégico organizacional”.

Según la Norma UNE-EN-13306, mantenimiento preventivo es el que se realiza a intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios establecidos, y que está destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación del funcionamiento de un elemento.

La continuidad operativa de los activos se consigue inspeccionando y reparando antes de que los desgastes puedan producir averías, realizando reparaciones de forma planificada. Es lo que se conoce como mantenimiento Preventivo.

Se entiende, que a pesar de existir un plan de mantenimiento preventivo, es improbable evitar averías imprevistas, y es necesario, siempre incluir actividades de mantenimiento correctivo.

7.2.3.1 Actividades de mantenimiento preventivo recomendadas.

Antes de realizar cualquier actividad de mantenimiento a motores eléctricos o en zonas cercanas, se debe desconectar la alimentación eléctrica, esperar que las masas en movimiento se detengan; verificar que no se puedan producir reactivaciones debidas al arrastre del árbol por parte de otras masas en

movimiento y espere que la temperatura superficial haya descendido por debajo de los 50 °C para evitar quemaduras.

Inspección visual: La inspección visual es la técnica más antigua entre los Ensayos No Destructivos, y también la más usada por su versatilidad y su bajo costo. En ella se emplea como instrumento principal, el ojo humano, el cual es complementado frecuentemente con instrumentos de magnificación, iluminación y medición.¹⁸

En esta actividad se buscan anomalías en el diseño original o condiciones no normales en la instalación del motor. Además se observa el estado de la parte externa (carcaza), terminales, conexiones, conductores, entre otros.

Limpieza: Los motores deben ser mantenidos limpios, exentos de polvo, detritos y aceites. Para limpiarlos, se debe utilizar escobas o trapos limpios de algodón. Si el polvo no es abrasivo, se debe emplear un soplete de aire comprimido, soplando la suciedad de la tapa deflectora y eliminando todo el acumulo de polvo contenido en las aletas del ventilador y en las aletas de refrigeración.

Lubricación: Las propiedades de los lubricantes se deterioran en virtud del desgaste y trabajo mecánico, todos los lubricantes sufren contaminación en el trabajo, el fabricante recomienda de acuerdo al periodo de funcionamiento (horas de trabajo), la re lubricación de los rodamientos. Para la lubricación, Es recomendable usar siempre el tipo de lubricante indicado en la placa de características del motor.

7.3 CONCLUSIONES DEL CAPITULO.

En este apartado, se pudo documentar los cambios realizados en el sistema eléctrico de la empresa; el sistema de transformación instalado como respuesta a una recomendación producto del proyecto, representa garantías en el funcionamiento y además por ser una maquina eléctrica nueva tiene una vida útil promedio de 25 años si se le realizan labores programadas de mantenimiento. Además, el cambio en el sistema de aire comprimido proporciona mejor desempeño energético por tratarse de un equipo nuevo, auto controlado, y reducir las fugas en tuberías. Además se proponen opciones de mejora para problemas identificados como el desequilibrio de cargas diseñando el cuadro de carga total de la empresa a partir de la información recolectada y el dimensionamiento del banco de condensadores para la compensación del factor de potencia.

Conjuntamente, se plan se analizan las similitudes en los resultados de las mediciones a motores, y basados en eso se proponen medidas para un seguimiento cualitativo, ya que se poseen datos referentes de consumo a partir del

¹⁸ <<http://www.isotec.com.co/portal2/index.php?id=50>> [Consultado en línea 7 de Agosto de 2014.]

presente estudio, y además se plantean opciones de seguimiento cualitativo para control de tiempos y consumos. Sin embargo, depende de la alta gerencia de la empresa la determinación de la aplicación de la variable.

8. CONCLUSIONES

La investigación, comenzó con el levantamiento de información en campo de los equipos o cargas presentes en el sistema eléctrico, así se identificaron situaciones y el estado. Luego se cimentó conceptualmente en teoría que ayudó a seleccionar los factores a considerar y el método a utilizar. La teoría de distribución de planta permite identificar desde la perspectiva industrial los factores que influyen en el desempeño de una organización, pero se parte de este punto hasta traducir dichos factores en energéticos eléctricos, enfocando el propósito del proyecto.

El instrumento de medición, aplicado en este fue un analizador de redes Dranetz 4400. Por otro lado, mediante el censo de carga y uso de diagramas de Pareto se decantó y delimitó la información hasta llegar al área a ser analizada. Se enfocó el estudio a las sierras radiales de banco presentes en el área de corte, ya que es el tipo de maquinaria que más se repite en la sección de la empresa que mayor potencia instalada posee.

La instalación del analizador de redes primero se realizó en el punto de conexión común, para obtener un diagnóstico del estado del sistema total. Posteriormente se analizaron los resultados y se detectaron fallas o condiciones no favorables que afectan el desempeño energético.

En el análisis de los resultados fue posible identificar oportunidades de mejora para acatar condiciones puntuales que afectan negativamente el desempeño del sistema eléctrico de la empresa. En primera instancia se detectó caída de tensión en el punto de conexión común, desequilibrio de corrientes por fase, factor de potencia por debajo del límite permisible por la CREG 108 de 1997. Por inspecciones y visitas se reveló que el sistema de aire comprimido presentaba fugas y no funcionaban de forma óptima, ya que no cumplían los tiempos de trabajo. Además no se contaba con un plan de mantenimiento.

Luego del estudio diagnóstico, la alta gerencia de la empresa decide aceptar recomendaciones y realizar cambios tecnológicos. Es así como se realizó el cambio del transformador principal para mejorar las condiciones de caída de tensión, ya que si en el punto de conexión común existe caída de tensión, se presentan dos opciones; la primera es que la red primaria no entrega la tensión adecuada y por lo tanto en el secundario se ve reflejado menor voltaje que el requerido; la segunda opción es que el transformador no posea una relación de transformación necesaria. Sin embargo, al no poseer un sistema de transformación certificado y confiable, no se puede garantizar que la red primaria sea la responsable de la caída de tensión, además que este sistema no posee un Tap regulador para aumentar o disminuir la relación de transformación, por lo tanto se consideró viable el cambio del sistema antiguo a un transformador único y principal de 250 KVA.

Respecto al sistema de aire comprimido, en el cual se detectaron fugas, se hizo un estimado de pérdida económica de uno de los elementos, pero no se midió la pérdida por fugas, ya que excede los alcances del proyecto. Sin embargo, por recomendación de los investigadores se cambió el sistema de aire comprimido por uno central, de la potencia total del anterior. No obstante, el proyecto no incluye el cálculo y como se llegó a decidir que el nuevo compresor es el adecuado, ya que la dirección de la empresa tomo la decisión de instalar ese.

Sumados a las opciones de mejoramiento aplicadas, se plantean soluciones para corregir el desequilibrio de fases existente, mediante el diseño de los cuadros de carga de todas las instalaciones, y la elaboración de los planos en vista de planta del cableado eléctrico, dichos aportes se encuentran en los anexos.

También se realizó el cálculo del banco de condensadores necesarios, y se simuló en un software de sistemas eléctricos de potencia, ETAP 11.1.0, para comprobar la efectividad del diseño. El resultado es que la empresa necesita un banco de condensadores trifásico de 25 KVA. La organización actualmente trabaja en la instalación del banco necesario.

Además, como valor agregado se diseñan cronogramas de mantenimiento preventivo y predictivo, para el seguimiento del sistema eléctrico de la empresa, y garantizar que el cambio tecnológico realizado sea útil y funcional y no presente averías por falta de mantenimiento.

En este punto la investigación constituye una herramienta funcional ya que descubre opciones de mejora desde el enfoque adoptado y método de procedimiento utilizado y además realiza documentación de estas. Se documenta en la investigación evidencia fotográfica del cambio tecnológico.

De manera consecutiva se instaló el dispositivo de medición en la sierra radial de banco del área de corte, siendo este el tipo de maquinaria que más se repite. De forma inferencial se tomó una muestra de la totalidad de los similares disponibles (2 sierras radiales de banco) y se midieron los parámetros eléctricos en el proceso de madera de un metro lineal de corte.

Las mediciones en las sierras radiales de banco, que poseen la misma potencia, entregan resultados similares. Después de una identificación y selección de variables eléctricas a considerar, se determinó que para efectos de estudios relacionados a la eficiencia energética la variable de mayor incidencia es la corriente, pues de su magnitud depende el consumo energético.

Las mediciones arrojaron valores promedios de 15 A por línea, y un promedio de 5,2 KW de consumo energético. Igualmente el tiempo medido por el analizador de redes o en el cual se corre la muestra de un metro lineal de corte es de 7

segundos. Por lo tanto, es posible concluir este valor como un dato referente, mas no como un indicador de desempeño energético, ya que para establecer dicho postulado es necesario garantizar mejores condiciones físicas, técnicas y de muestreo.

Como aporte adicional, con las mediciones de los motores y los resultados que mostraron similitudes se plantearon opciones y sugerencia de seguimiento cualitativo de las variables analizadas, con el fin de hacer continuo control en el tiempo utilizado en un metro lineal de corte, además de establecer el valor obtenido de consumo (5,22 KW) como referencia para estimado de gasto energético por producción, benchmarking energético y tener referencia para un futuro seccionamiento de la empresa por áreas.

El proyecto de investigación se concibe como un estudio diagnostico debido a que se utilizan herramientas como mediciones, tablas, comparaciones para el mejoramiento del sistema eléctrico de la empresa, sin llegar a hacer análisis estadísticos, sino más bien descriptivos e inferenciales, que buscan corregir problemas de la industria mediante soluciones de ingeniería. Además se le hace entrega a la organización de la información obtenida durante el desarrollo del proyecto, y constituye el punto de partida para una gestión energética.

Por último, es posible concluir que se cumplió con los objetivos planteados al inicio del proyecto ya que se realiza un estudio diagnóstico, se obtienen y aplican opciones de mejoramiento y seguimiento en el desempeño del sistema y uso de la energía eléctrica de la empresa productora de muebles H&M.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. I. V. T. Harold Alexis Pérez Olivera, ANÁLISIS COMPETITIVO DEL SECTOR MADERAY MUEBLES DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA, Barranquilla, 2010.
- [2] F. F. A. T. De Almeida, «Efficiency Testing of Electric Induction Motors,» de *ISR, Dep. Eng. Electrotecnia*, Portugal, University of Coimbra, 1997.
- [3] F. J. T. E. F. J. F. B. P. A. A. T. de Almeida, «Comparative Analysis of IEEE 112-B and IEC 34-2 Efficiency Testing Standards Using Stray Load Losses in Low-Voltage Three-Phase, Cage Induction Motors».
- [4] K. H. R. B. B. Reinier, Comparison of standards for determining efficiency of three phase induction motors, vol. 14, IEEE Transaction on Energy conversion, September 1999.
- [5] P. R. V. Felipe, «USO FINAL EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA,» 2000.
- [6] A. C. M. A. G. T. A. C. A. A. M. Vilaragut Llanes, Métodos para la determinación de la eficiencia energética en los motores de inducción trifásicos, Ecosolar, 2004.
- [7] V. L. P. O. J. K. P. Pillay, In-Situ Induction Motor Efficiency Determination Using The Genetic Algorithm, vol. 13, IEEE Transaction on Energy Conversion, 2004.
- [8] C. d. L. Benítez, Metodología para el análisis enrgético de motores en servicio y del empleo de, Santa Clara: UCLV, 2002.
- [9] R. Muther, Distribucion en planta, Barcelona, España: Hispano Europea, 2002.
- [10] K. U. d. A. Grupo de Investigacion en Gesrion Eficiente de Energia, «Sistema de Gestion Integral de la Energía,» de *Sistemas de Gestion de la Energía*, Barranquilla, Atlantico: Colciencias, 2007.
- [11] C. d. autores, «Gestión energética empresarial,» Universidad de Cienfuegos, 2001.

ANEXOS

ANEXO A.

Equipos de las áreas productivas de la empresa.

Figura 12. Sierra Radial de banco.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 13. Canteadora.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 14. Sierra sin fin.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 15. Trompo.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 16. Taladro industrial de banco.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 17. Sierra automatizada.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 18. Extractores Holywood.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 19. Sierra radial portable.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 20. Lijadora de mano.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 21. Ruteadora de mano.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 22. Pulidora de mano.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 23. Compresor 30HP.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 24. Compresor 20HP.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 25. Bancada trifásica.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 26. Área de corte antes del cambio tecnológico.



Fuente: Tomadas por los autores.

Figura 27. Área de corte después del cambio tecnológico.



Fuente: Tomadas por los autores.

ANEXO B

Cronograma de actividades para mantenimiento preventivo años 2014 a 2015.

Tabla 11. Cronograma de mantenimiento preventivo.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PRIMER SEMESTRE: 2014-2015

D = Diario	Q = Quincenal	B = Bimensual	P = Programado	SM = Semestral
S = Semanal	M = Mensual	A = Anual	C = Corregido	T = Trimestral

DESCRIPCION DEL EQUIPO		1				2				3				4				5				6			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SIERRA RADIAL DE BANCO	P	D	S			M					A	SM		Q		Q						T	A		
	C																								
SIERRA PORTABLE	P	D	S			M					A	SM		Q		Q						T	A		
	C																								
CANTEADORA	P	D	S			M					A	SM		Q		Q						T	A		
	C																								
RUTEADORA	P	D	S			M					A	SM		Q		Q						T	A		
	C																								
TROMPO	P	D	S			M					A	SM		Q		Q						T	A		
	C																								
Compresor de 50 HP	P	D	S			M					A	SM		Q		Q						T	A		
	C																								
Transformador (225 KVA)	P	D									A														
	C																								
	P																								
	C																								

ACTIVIDADES A MOTORES (Convecciones)	
Realizar inspecciones visuales	D
Limpieza de la máquina	S
Revisar mecanismos de transmisión con las	M
Lubricar los cojinetes del motor	SM
Analizar los parámetros eléctricos	Q
Lubricación de los rodamientos del motor	A
Montaje y desmontaje de soportes de	T
Lubricación de soportes	A

ACTIVIDADES A TRANSFORMADORES	
Termómetros	A
Accesorios con Contactos de alarma y/o disparo	A
Medición de la Resistencia de aislamiento de los devanados	A
Medición y Prueba de la rigidez del aceite dieléctrico	A
Medición de los parámetros eléctricos	A

Fuente: Creada por los autores.

Tabla 12. (Continuación) Cronograma de mantenimiento preventivo.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEGUNDO SEMESTRE: 2014-2015

D = Diario	Q = Quincenal	B = Bimensual	P = Programado	SM = Semestral
S = Semanal	M = Mensual	A = Anual	C = Corregido	T = Trimestral

DESCRIPCION DEL EQUIPO		7				8				9				10				11				12			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SIERRA RADIAL DE BANCO	P	D	S			M				A	SM			Q		Q						T	A		
	C																								
SIERRA PORTABLE	P	D	S			M				A	SM			Q		Q						T	A		
	C																								
CANTEADORA	P	D	S			M				A	SM			Q		Q						T	A		
	C																								
RUTEADORA	P	D	S			M				A	SM			Q		Q						T	A		
	C																								
TROMPO	P	D	S			M				A	SM			Q		Q						T	A		
	C																								
Compresor de 50 HP	P	D	S			M				A	SM			Q		Q						T	A		
	C																								
Transformador (225 KVA)	P	D								A															
	C																								
	P																								
	C																								

ACTIVIDADES A MOTORES (Convecciones)	
Realizar inspecciones visuales	D
Limpieza de la máquina	S
Revisar mecanismos de transmisión con las máquinas	M
Lubricar los cojinetes del motor	SM
Analizar los parametros eléctricos	Q
Lubricacion de los rodamientos del motor	A
Montaje y desmontaje de soportes de deslizamiento	T
Lubricacion de soportes	A

ACTIVIDADES A TRANSFORMADORES	
Termómetros	A
Accesorios con Contactos de alarma y/o disparo	A
Medicion de la Resistencia de aislamiento de los devanados	A
Medición y Prueba de la rigidez del aceite dieléctrico	A
Medición de los parametros eléctricos	A

Fuente: Creada por los autores.

ANEXO C

Formato de orden de trabajo para mantenimiento preventivo.

Tabla 13. Formato para orden de trabajo de mantenimiento.

ORDEN DE TRABAJO									
								No.	
EQUIPO:			UBICACIÓN:			FECHA			
						DD	MM	AA	
SPECIALIDA	Mecanico	<input type="checkbox"/>	Refrigeracion	<input type="checkbox"/>	Electronico	<input type="checkbox"/>	Servicios	<input type="checkbox"/>	
	Electrico	<input type="checkbox"/>	Instrumentis	<input type="checkbox"/>	Obras Civiles	<input type="checkbox"/>	Administrativos		
							Otro	<input type="checkbox"/>	
YO DE TRABA	Modificacion	<input type="checkbox"/>	Nueva Instal	<input type="checkbox"/>	Mtto. Prever	<input type="checkbox"/>			
	Prueba	<input type="checkbox"/>	Mtto. Correcc	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>			
PRESUPUESTO ASIGNADO:			CENTRO DE COSTOS:			FECHA REQUERIDA			
\$						DD	MM	AA	
CUENTA CONTABLE:									
TRABAJO SOLICITADO:									
TRABAJO REALIZADO:									
SOLICITA	AUTORIZA		RECIBE			FECHA			
						DD	MM	AA	
	Jefe de Area		Planeador Mantenimiento						


NOTA: SE DEBE TENER EN CUENTA QUE ESTA ORDEN DE TRABAJO SE DEBE DILIGENCIAR PRIMERO QUE LAS

Fuente: Creada por los autores.

ANEXOS D

Documentos en medio magnéticos.

- Cuadros de carga de cada área de la empresa H&M.
- Cuadro de carga general de la empresa H&M.
- Planos de vista en planta de cada área de la empresa H&M.
- Planos de vista en planta de todas las bodegas de la empresa H&M.
- Diagramas unifilares de la empresa H&M.

	NORMAS PARA LA ENTREGA DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO A LA UNIDAD DE INFORMACION	VERSION: 02
		FECHA: Junio 2012
		CODIGO:DOC-VACRE-NETGUDI

ANEXO 1

CARTA DE ENTREGA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO

Barranquilla, Fecha

Marque con una X

Tesis ☐ Trabajo de Grado ☒

Yo Cesar Andres Bustamante Solano, identificado con C.C. No. 104569490, actuando en nombre propio y como autor de la tesis y/o trabajo de grado titulado Estudio diagnóstico y recomendaciones de mejoramiento para el sistema electrónico de la empresa ILM presentado y aprobado en el año 2014 como requisito para optar al título de Ingeniero electricista;

hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (DVD) y autorizo a la UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento.

Y autorizo a la Unidad de información, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad de la Costa, CUC, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:


Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web de la Facultad, de la Unidad de información, en el repositorio institucional y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la institución y Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato DVD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

El AUTOR - ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad ante la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL ESTUDIANTE - AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P., a los 11 días del mes de Agosto de Dos Mil Catorce 2014.

EL AUTOR - ESTUDIANTE.


FIRMA

	NORMAS PARA LA ENTREGA DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO A LA UNIDAD DE INFORMACION	VERSION: 02 FECHA: Junio 2012 CODIGO: DOC-VACRE-NETGUDI
---	---	--

ANEXO 1
CARTA DE ENTREGA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO

Barranquilla, Fecha

Marque con una X

Tesis ☐ Trabajo de Grado ☒

Yo Enck Vergara De la Asunción, identificado con C.C. No. 1123 625 809, actuando en nombre propio y como autor de la tesis y/o trabajo de grado titulado Estudio diagnóstico y oportunidades de mejoramiento para el sistema Eléctrico de la empresa HSM presentado y aprobado en el año 2014 como requisito para optar al título de Ingeniero Eléctrico.

Hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (DVD) y autorizo a la UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento.


Y autorizo a la Unidad de información, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad de la Costa, CUC, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web de la Facultad, de la Unidad de información, en el repositorio institucional y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la institución y Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato DVD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR - ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad ante la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL ESTUDIANTE - AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P., a los 21 días del mes de Agosto de Dos Mil setecientos 20019.

EL AUTOR - ESTUDIANTE. Enck Vergara De la A.
FIRMA

	NORMAS PARA LA ENTREGA DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO A LA UNIDAD DE INFORMACION	VERSION: 02
		FECHA: Junio 2012
		CODIGO: DOC-VACRE-NETGUDI

ANEXO 2 FORMULARIO DE LA DESCRIPCIÓN DE LA TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO

TÍTULO COMPLETO DE LA TESIS O TRABAJO DE GRADO:

Estudio diagnóstico y oportunidades de mejoramiento para el sistema eléctrico de la empresa productora de muebles H&M.

SUBTÍTULO, SI LO TIENE:

AUTOR AUTORES

Apellidos Completos	Nombres Completos
Bustamante Solano	Cesar Andres
Vengara De la Asención	Erick

DIRECTOR (ES)

Apellidos Completos	Nombres Completos
Balbis Morejon	Milen

JURADO (S)

Apellidos Completos	Nombres Completos
Hinestroza Obisecunga	Laura
Silva Ortega	Jorge Ivan

ASESOR (ES) O CODIRECTOR


Apellidos Completos	Nombres Completos

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero eléctrico

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA: Pregrado ☒ Especialización ☐

NOMBRE DEL PROGRAMA Ingeniería eléctrica

	NORMAS PARA LA ENTREGA DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO A LA UNIDAD DE INFORMACION	VERSION: 02
		FECHA: Junio 2012
		CODIGO:DOC-VACRE-NETGUDI

CIUDAD: Barranquilla AÑO DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO: _____

NÚMERO DE PÁGINAS _____

TIPO DE ILUSTRACIONES:

- | | |
|---|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Ilustraciones | <input type="checkbox"/> Planos |
| <input type="checkbox"/> Láminas | <input type="checkbox"/> Mapas |
| <input type="checkbox"/> Retratos | <input type="checkbox"/> Fotografías |
| <input type="checkbox"/> Tablas, gráficos y diagramas | |

MATERIAL ANEXO (Video, audio, multimedia o producción electrónica):

Duración del audiovisual: _____ minutos.

Número de casetes de video: _____ Formato: VHS _____ Beta Max _____ ¾ _____ Beta Cam _____

Mini DV _____ DV Cam _____ DVC Pro _____ Video 8 _____ Hi 8 _____

Otro. Cuál? _____

Sistema: Americano NTSC _____ Europeo PAL _____ SECAM _____

Número de casetes de audio: _____

Número de archivos dentro del DVD (En caso de incluirse un DVD diferente al trabajo de grado): _____

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o tener una mención especial): _____

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS: Son los términos que definen los temas que identifican el contenido. (En caso de duda para designar estos descriptores, se recomienda consultar con la Unidad de Procesos Técnicos de la Unidad de información en el correo biblioteca@cuc.edu.co, donde se les orientará).

ESPAÑOL

INGLÉS

_____	_____
_____	_____
_____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS:(Máximo 250 palabras-1530 caracteres):

